2013年11月

# 粗パーム油製造工場における排水対策ガイドライン

日インドネシア共同政策研究（2011～2013年）の成果として

日本国環境省／インドネシア環境省

## は じ め に

平成２３（２０１１）年から、インドネシア共和国及び日本国両国環境省において実施してきたインドネシアにおける環境管理能力強化のための二国間協力事業では、北スマトラ州にある粗パーム油製造工場での排水管理をモデル事業として、日本人専門家、工場の所在する地方政府、モデル事業者とともに、共同政策研究という形で取り組んできた。その間、共同政策研究では、モデル工場における排水管理の改善、地方政府における環境管理政策の向上等に向け、日本の環境対策の経験、専門家の知見を伝えながら、各主体における活動を展開してきた。

この度、本研究のチームでは、研究の成果の一つとして、「粗パーム油製造工場における排水対策ガイドライン」という形で、インドネシア全国の粗パーム油製造工場の排水管理のために活用できる書を作成した。

本書においては、工場における環境管理の基本的な考え方から始め、廃水処理に関する対策技術の説明、管理作業の手順、排水の測定・分析、管理体制等の工場の環境管理に係る説明、行政への報告・情報開示の重要性に係る説明など、大所高所に立ったものから具体的な内容まで幅広い視点での内容を盛り込み、粗パーム油製造工場にとって避けて通れない課題である排水処理に係る環境管理について、指南書となるべくとりまとめている。

インドネシア共和国にとって重要な産業であるパーム油産業が、環境保護と共存しながら持続と成長を遂げていくために、本書が大いに活用され、役立つことを期待する次第である。

平成２５（２０１３）年１１月

インドネシア共和国環境省 環境関連技術・人材能力強化担当局（第７局）

日本国環境省 水・大気環境局総務課環境管理技術室

作成関係者

日本国環境省 水・大気環境局総務課 環境管理技術室

インドネシア共和国環境省 環境関連技術・人材能力強化担当局（第７局）

| | |
|---|---|
| 鶴崎 克也 | 一般社団法人産業環境管理協会 環境管理部門 技術参与 |
| 三田村 勝 | ロイドレジスター クオリティ アシュアランス リミテッド |
| 後藤 良三 | 一般社団法人日本分析機器工業会 技術委員会調査 WG 主査 |
| 小林 悦夫 | 公益財団法人ひょうご環境創造協会 顧問 |
| 古田 正次 | 元愛知県環境部 |
| 藤井 重雄 | 藤井技術士事務所 代表 |
| 北浦 伸幸 | 神鋼リサーチ株式会社 産業戦略情報本部 調査二部 部長 |

| | |
|---|---|
| Ir. Hari Wahyudi | インドネシア共和国環境省 環境管理センター 所長 |
| Dr. Esrom Hamonangan | インドネシア共和国環境省 環境管理センター<br>環境モニタリング研究室長 |
| Dr. Ir. Hj. Hidayati | インドネシア共和国北スマトラ州環境局 局長 |
| Rismawati Simanjuntak ST, M.Si | インドネシア共和国北スマトラ州環境局<br>汚染防止廃棄物管理室長 |
| Herminta Sembiring | インドネシア共和国北スマトラ州ランカット県環境局 局長 |
| Patricia Hotniasi Pasaribu | PT. Perkebunan Nusantara II 環境開発／処理部 部長 |

Dr. Salim Mustofa

はじめに

作成関係者

目次

# １．工場における環境管理の基本的考え方

## 1-1　全社的環境管理の必要性

### (1)　全社的取組の必要性

企業の活動に伴う工場からの排出物は、近隣の地域住民の健康や地域社会の環境に影響を与えることがある。このような環境負荷の要因や対策を最も良く知り得るのは、排出している企業であり、その環境負荷の効率的な低減を行い得るのも、その企業である。そのため企業は、環境管理を適切に行うことにより、地域住民や地域社会に安心をもたらすことが要請される。

企業がこのような社会的要請に応えるためには、経営層から従業員にいたるまで、環境汚染防止に関する管理（以下、環境管理と称す）の重要性を認識した上で、実効性のある適切な環境管理を自発的、主体的に進めることが大切である。このことにより、環境汚染を未然に防止し、あるいは問題を早期に発見し是正していくことが出来る。効果的な環境管理のためには、以下の要素を企業活動の要件として認識し、取組を推進していくことが必要である。

**①　方針の明確化**

経営者自らが環境管理における社会的な要請とその重要性を理解し、全社的な環境管理の方針を定める。

**②　組織の構築及び設備の整備**

経営者は、全社的な方針を実現し、適切な環境管理・環境汚染防止の取組を実行するための環境管理組織を本社及び工場で構築するとともに、工場においては公害防止のための設備を整備する。特に、工場長等の責務を確認した上で、環境管理組織の構成員の実務上の責任と役割を明確化する。

**③　予防的取組**

具体的対処方針を明確化し、それを環境管理組織の構成員に周知する。また、全従業員が工場での「環境汚染発生のリスクやシグナル」や「対処方針に対する問題点」を自発的に発見し、組織的に吸い上げることにより、公害の未然防止を図る。

**④　事後的取組**

環境管理上の不適正となる現象の発掘と点検を実施し、その原因の究明により、適切な是正措置を早急に講じる。

**⑤　関係者との連携**

地方政府や地域住民等の利害関係者と日頃から密接に情報・意見交換を行うとともに、公害防止活動現場における実態や課題等について認識の共有化を図ることにより、関係者間の信頼関係を構築する。

### (2)　廃水処理プロセスに向けた取組の重要性

工場においては､製造施設で発生した廃水を廃水処理施設に導入し､適切な処理を施し、無害化した後、河川や海域等の公共の水域に放流することになる。

廃水処理プロセスを計画する前には、廃水の水量と水質に関する情報を把握しなければならない。既設の製造施設の場合は、廃水の水量及び水質を決められた方法で測定する。新設する製造施設の場合は、同種の既存の製造施設のデータから推定するか、計画されている製造工程ごとの水収支、物質収支を求めて水量、水質を算出する。また、単に、廃水についてだけでなく、処理水が放流される河川や海域等の水量と水質、水の利用状況、水中生物、環境基準などについての情報も知っておく必要がある。

製造施設からの廃水中の汚濁物質は、本質的に二つに分けることができる。一つは、製品となるべき成分が何らかの理由で廃水中に出てくるものである。これは、製造工程の改善によって製品のロスを減らすことができれば、廃水中の濃度も減少する。もう一つは、原料から製品を精製する過程で発生する不要物が廃水中に出てくるものである。これは、本質的に廃棄されるべき成分であるから、廃水処理の主たる対象となる。

廃水処理プロセスの形式や規模を決定するときは、工場内の水使用の合理化を徹底的に行い、廃水の量及び汚濁物質の濃度を極力下げることが必要である。また、水質規制の動向や地域住民の感情にも十分注意を払う必要がある。

廃水処理プロセスついては非常に多くの種類があるので、廃水の種類と処理目的に応じた最適のプロセスを選択することが重要である。そのためには、実験室的試験で検討する必要がある。例えば、有機性廃水で浮遊物質があれば、ろ紙でろ過し、ろ液の BOD、COD の値が目的の値以下であれば、物理・化学的な方法で浮遊物質を除去することで処理できる。目的の値以上であれば、生物処理が必要となり、生物処理試験を行う。廃水が油分を含むときは、静置浮上試験で遊離油を分離し、油分が目的値以下にならないときは、凝集試験を行い、これらの試験から最適なプロセスを選択する。

廃水処理プロセスの適切な運転のためには、プロセスを構成する各サブプロセスの維持管理が重要となる。そのためには、各サブプロセスおける水量・水質の定期的かつ継続的な測定が不可欠である。その測定結果を参考にして、サブプロセスの機能を十分に発揮させることが必要である。例えば、各サブプロセスへの流入水の水量、水質の均一化が重要であるが、前処理槽等では、汚濁物質などが堆積すると、その均一化が困難になるため、定期的な点検が重要となってくる。また、処理プロセスの可動部分（例えばポンプ）が水中にある場合には、腐食などを受けるために、定期的な点検、注油、部品交換などの維持管理が重要である。生物処理プロセスでは、微生物が廃水中の有機物を代謝分解し、十分なフロック（微生物の塊）を形成し、そのフロックが沈殿槽で沈降分離されるように維持することが重要である。さらに、廃水処理プロセスで発生した余剰汚泥の処理も重要である。

### (3)　製造工程における取組の重要性

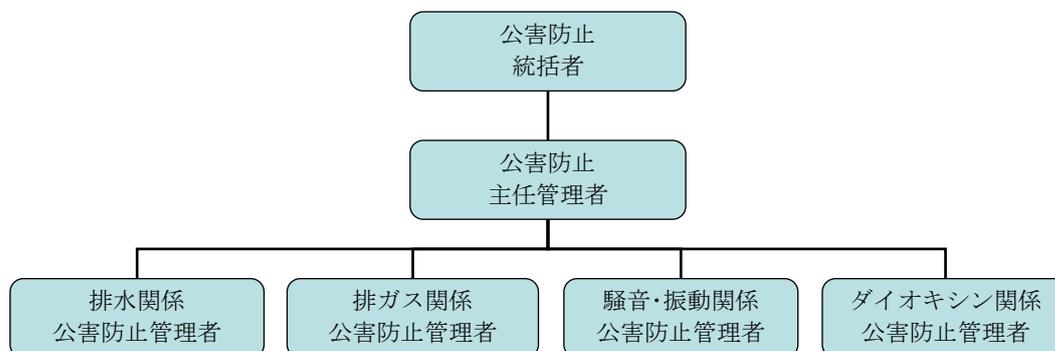
前節で述べたように、製造工程からの廃水中の汚濁物質には、製品となるべき成分があるが、製造工程の改善によって、有用成分の回収率を向上させることにより、汚濁物質量を減らすことができる。これは原料からの実収率を向上させることにもつながる。また、製造施設における用水の合理化を図り、廃水量を減少させることも必要である。さらに、廃水処理プロセスにおいて処理の困難な不要物が含まれる場合は、そのような物質を使用しないように製造工程を変更し、廃水処理が容易になるようにすることも必要である。製

造工程における原材料を変更する際には、廃水処理部門と緊密な連絡を取ることは基本である。このように、廃水処理の効率化のためには、製造部門における技術情報を廃水処理部門と共有することが、非常に重要である。

## 1-2　環境管理の各種手法

### (1) 公害防止管理者（Pollution Control Manager：PCM） 制度

日本では、1960 年代の産業の発展に伴い甚大な公害問題が発生していた。この問題を克服するために、1970 年に『公害対策基本法』の改正や、『水質汚濁防止法』、『大気汚染防止法』などの 14 法案が改正、制定された。しかし、強化された規制の水準とこれを実行すべき事業者の公害防止体制との間には、大きな乖離があった。このような事情にかんがみ、1971 年、工場内に産業汚染防止に関係する専門知識を有する人的組織の設置を義務付けた『特定工場における産業汚染防止組織の整備に関する法律』が制定された。

この法律により、法の適用を受ける対象工場においては、必要な分野の公害防止に関する専門知識及び技術を有する“公害防止管理者”及びこれらを統括管理する“公害防止統括者”から構成される公害防止組織を設置することにより公害防止組織の整備を図り、公害防止に資することが義務付けられた。さらに、ばい煙発生施設及び汚水等排出施設の両方を設置する大規模工場には、公害防止管理者を指揮し、公害防止統括者を補佐する“公害防止主任管理者”をその中間に配置することも義務付けられた。公害防止管理者に必要な知識及び技術に関しては、国家試験及び資格認定講習により、その資格を認定することになっている。公害防止組織の例を第 1-2-1 図に示した。

第 1-2-1 図　排水と排ガスを大量に排出する工場における公害防止組織の例

この制度は、40 数年の歴史を有する日本特有の制度であり、工場からの環境汚染物質の排出削減が進み、日本の公害問題の解決に大いに貢献してきた。これまでに、延べ 50 万人の技術者がこの資格を取得している。現在でも、毎年、約 3 万人が国家試験を受験し 5,000 人以上が新たに資格を取得するとともに、約 3,000 人が資格認定講習で資格を取得しており、大部分の大規模工場において公害防止組織が配置されている。

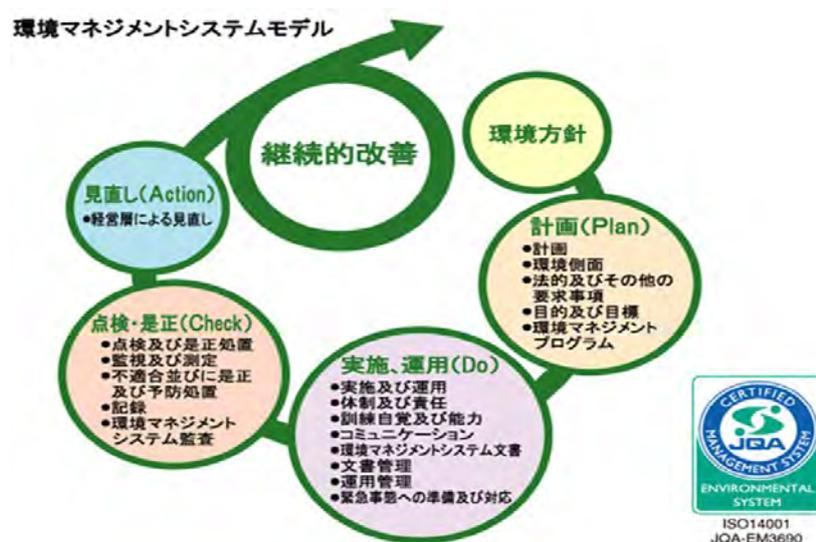
このような実績はアジア各地で注目され、タイでは環境スーパバイザ制度、インドネシア西ジャワ州では環境汚染防止管理者（EPCM）制度、中国では企業環境監督員

（Enterprise Environmental Manager）制度として、日本の協力を得てそれぞれの国の特性を生かした同様な資格制度が構築されている。タイでは、これまでに約 7,000 人が国家試験で資格を取得し、西ジャワ州では約 1,000 人が資格を取得し、中国では約 8,000 人が試行研修を修了している。また、ベトナムでもハノイ市域を対象とした制度の構築が進められている。

### (2) 環境マネジメントシステム

マネジメントシステムは、組織を指揮し、管理するための調整された活動で、組織の合理的活動を支える営みである。具体的には、組織は機能の維持及び持続的発展に必要なビジョンを定めたうえで、PDCA（Plan-Do-Check-Act）サイクルを組織の日常活動の基本とすることである。この PDCA は、

① Plan：ビジョンの実現に有効と考えられる目標を設定し、目標の確実な実現に必要な行動とそれを支援する方策を計画し、
② Do：この計画の基づいた組織活動を実施し、
③ Check：組織活動の結果生じた現在の姿と、計画時に設定した姿の違いを調べる。違いが大きい場合は、その原因を分析し、
④ Act：現在の姿を悪化させる原因を除去し、改善させるように組織行動を標準化することである。

この PDCA サイクルにおいて環境保全の面からの要求事項を国際規格化したものが、環境マネジメントシステム（ISO14001）である。ISO14001 は、第 1-2-2 図に示すように、企業の経営層が環境方針を策定し、計画を立て、全職員が環境保全活動を実施し、その活動の結果を点検し、見直して、さらなる環境保全の継続的改善を図るものである。なお、ISO14001 規格の認証を取得するためには、当該工場の環境マネジメントシステムが国際規格の要求事項に適合しているか第三者機関が審査する。

出所：JQA ホームページ資料より

第 1-2-2 図　環境マネジメントシステムにおける PDCA サイクル

### (3) 環境ラベル制度

環境ラベルは、製品の環境側面に関して正確かつ検証可能な情報のもとに、ライフサイクル全般を考慮したうえで、関係者が環境配慮型の製品であると認識できるための環境主張である。市場を環境志向なものに誘導することを目的としたもので、環境対策をしっかり行っている企業の製品のピーアール効果が期待できる。

国際規格の環境ラベル制度には、次の 3 種がある。

① タイプⅠ(ISO14024)：特定の製品分野で環境優位性を示すラベルで、第三者機関が認証したシンボルマークで表わすタイプ。第 1-2-3 図に示したように、エコマーク(日本)、ブルーエンジェル(ドイツ)、ノルディックスワン(北欧)、グリーンシール(米)、グリーンラベル(タイ)など、多くの国で普及している。

第 1-2-3 図　各種タイプⅠ環境ラベル

② タイプⅡ(ISO14021)：製造業者、輸入業者、流通業者などの自己宣言による環境主張。第三者機関の認証は必要としない。各種のラベルを企業が広告などに表示する。

③ タイプⅢ(ISO14025)：産業界または独立団体が、事前に設定されたパラメータ領域について製品の環境データを表示する自主手続き。エコリーフ環境ラベル制度(日本)、 環境製品宣言(EPD)制度(スウェーデン)などがある。

### (4) 環境リスクマネジメント

リスクとは、目的に対する不確かさの影響と定義されている。環境リスクマネジメントは、環境リスクについて組織を指揮統制するための調整された活動であり、環境リスクアセスメント、環境リスク対応・モニタリング・レビュー、環境リスクコミュニケーション・協議を含む概念とされている。

① 環境リスクアセスメント：環境リスクの特定・分析・評価からなる。環境リスク

特定は、環境問題として認識される事象や結果、あるいはその原因を識別し、特徴づけるプロセスであり、その分析は、環境問題の特質を理解し、そのレベルを決定する。環境リスク評価は、リスク分析の結果を法規制の要求等のリスク基準と比較し、そのリスクが許容可能かを決定する。

② 環境リスク対応・モニタリング・レビュー：環境リスク対応は、環境アセスメントを前提に、環境リスクの発生確率や結果の重篤性を改善するものであり、環境リスクに巻き込まれないようにするリスクの回避、リスクに起因する損失を他者と共有するリスク共有、損失を受容するリスク保有を含む。そのモニタリングは、環境リスクの状態を継続的に点検、監督、監視することであり、レビューは、環境リスク対応の適切性、妥当性などを決定することである。

③ 環境リスクコミュニケーション：環境リスクマネジメントの運用管理に関する情報の関係者への提供や共有または対話を継続的に、繰り返し行うプロセスである。

環境リスクマネジメントを導入することにより、企業は発生するかもしれない自らの環境問題を未然に認知、分析し、法規等の順守状況を把握することにより、より少ない経費で効果の高い対応を取ることができる。また、このような管理状況を関係者と共有することにより、環境問題への配慮の高い企業として社会的に評価を受けることができる。

### (5) 環境会計

環境会計とは、企業等が、持続可能な発展を目指して、社会との良好な関係を保ちつつ、環境保全への取組を効率的かつ効果的に推進していくことを目的として、事業活動における環境保全のためのコストとその活動により得られた効果を認識し、可能な限り定量的（貨幣単位又は物量単位）に測定し伝達する仕組みであり、その機能は内部機能と外部機能に分けられる。

① 内部機能：企業等の環境情報システムの一環として、環境保全コストの管理や、環境保全対策のコスト対効果の分析を可能にし、適切な経営判断を通じて効率的かつ効果的な環境保全への取組を促す機能。企業等の内部において、環境保全対策に要したコストとその効果を評価して環境保全対策をより効率的、効果的なものにするために、また、環境保全活動が事業活動に与える影響を把握するために有効である。

② 外部機能：企業等の環境保全への取組を定量的に測定した結果を開示することによって、消費者や取引先、投資家、地域住民、行政等の外部の利害関係者の意思決定に影響を与える機能である。環境会計情報を、環境報告書等を通じて環境保全への取組姿勢や具体的な対応等と併せて公表することによって、企業等の環境保全への取組を利害関係者に伝達するために有効である。公表によって外部の利害関係者に対して説明責任を果たすと同時に、環境に配慮した事業活動に対する適切な評価に結びつく役割が期待される。

環境会計は、社内的には、環境対策コストの費用対効果が定量的に明らかになり、予算管理効果の向上、コストダウン、社員の環境コスト意識の向上につながるなど企業経営の大きな武器になる。また、社外的には、企業の環境意識を定量的に示すことができ、環境配慮の高い企業として社会的に評価を受けることができる。

## ２．環境対策技術の導入

### 2-1　粗パーム油製造工程

#### (1) CPO 製造工程からの廃水の発生

パーム油椰子（Fresh Fruit Bunch；FFB）から粗パーム油（Crude Palm Oil；CPO）を製造する工程からは、種々の廃水が発生する。ここでは、3ヶ所の粗パーム油製造工程の例を紹介する。ここに示した工程フローはインドネシアにおける CPO 製造工場においてはほぼ同じであるので、発生する廃水の種類・性状も同じ傾向を示す。図中の着色部が主要な廃水を示している。なお、フロー図は現地から提供して貰ったものである。

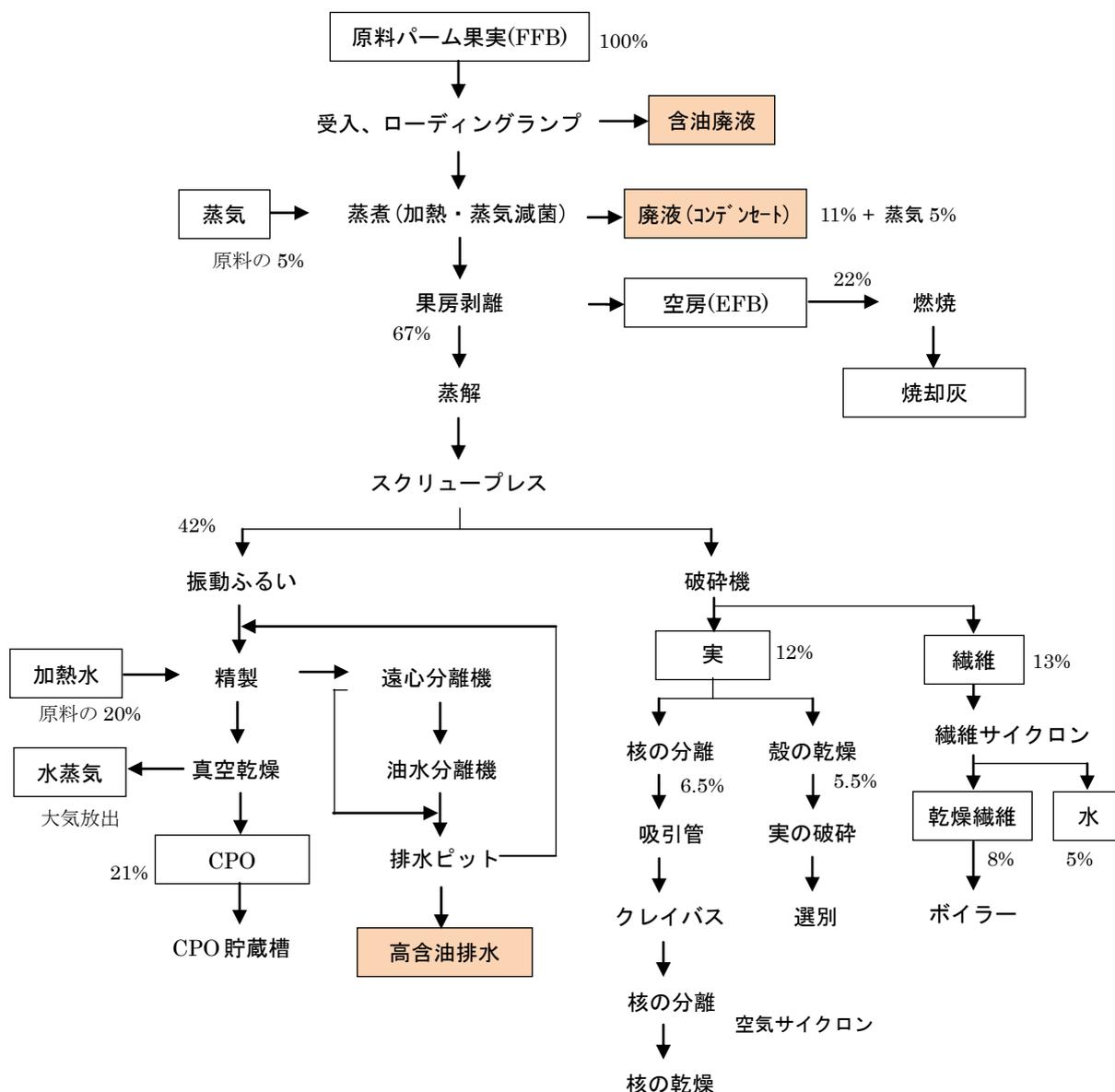



図 2-1-1　CPO 製造工場の搾油工程フローの例 1

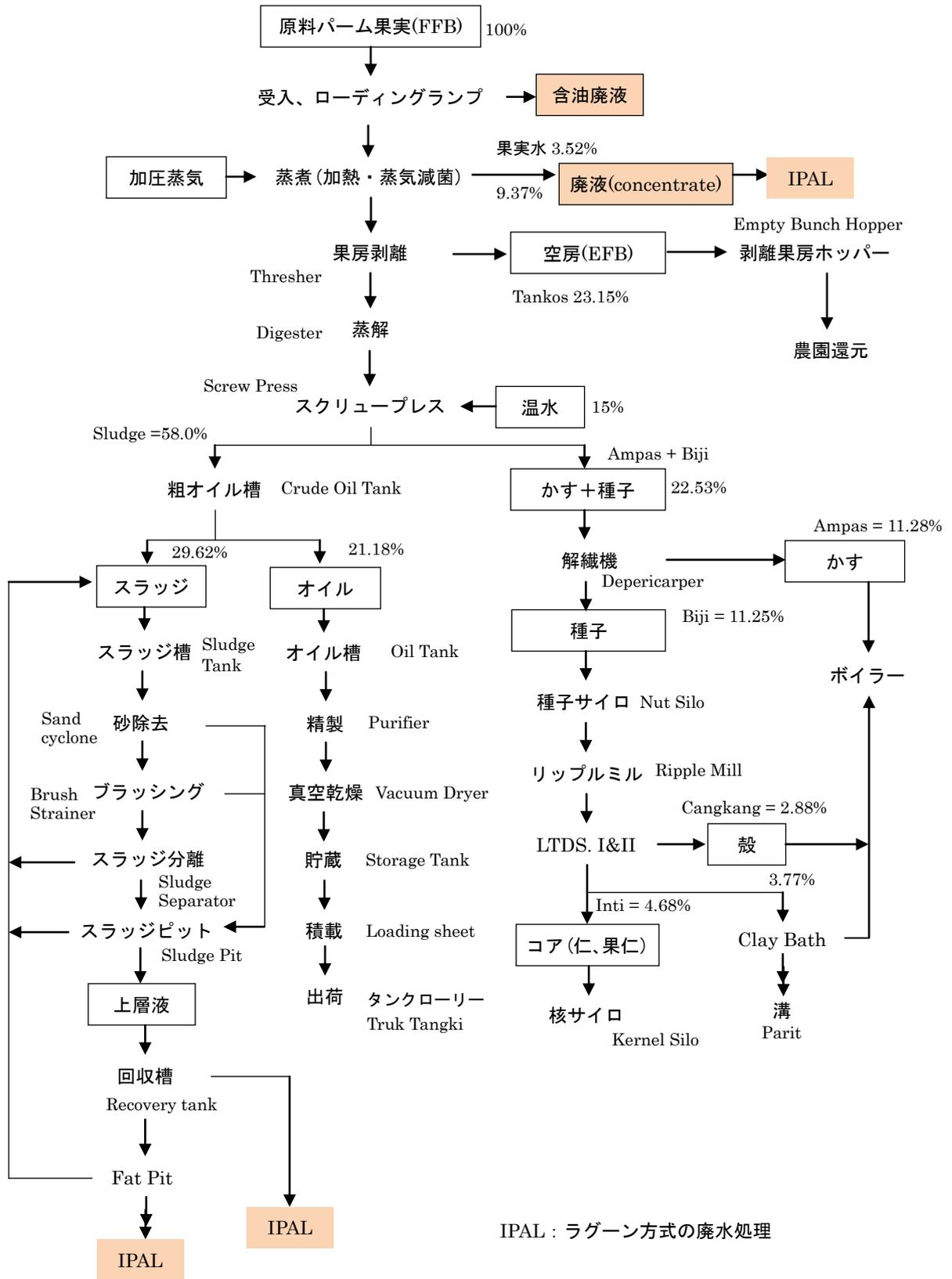



図 2-1-2　CPO 製造工場の搾油工程フローの例 2

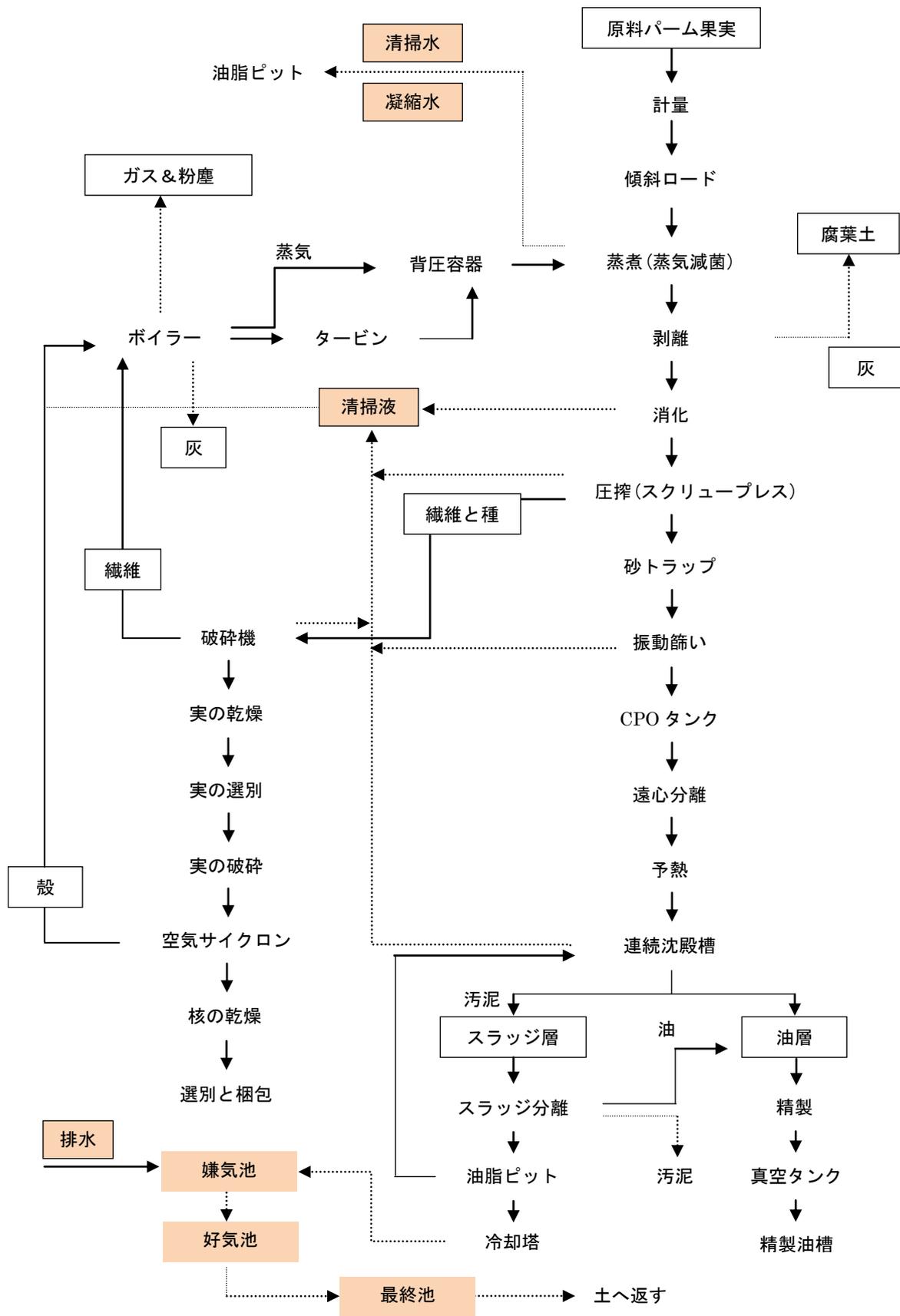



図 2-1-3　CPO 製造工場の搾油工程フローの例 3

製造工程から発生する主な廃水は次のとおりである。加熱・蒸気滅菌工程では、FFB が蒸気圧力 2.5～3.0 kg/cm²、温度 135～140℃、蒸煮時間 90～100 分で蒸気殺菌処理される。まず、この工程において加熱殺菌槽 Sterilizer から 1 工程毎にドレイン廃液（コンデンセート）が発生する。次の圧搾工程では、原料をスクリュウプレスに投入し CPO を搾る。この工程では各設備から油を含む水が漏れ出る場合がある。CPO の精製工程においては約 90℃の加熱水を加え、CPO 中の不純物を加熱水層側に抽出させて CPO を精製する。この工程から発生する加熱廃水に含まれる油分は約 1%である。この後、遠心分離機、油水分離を経て回収された油は精製工程に戻され CPO として回収される。油水分離工程で発生した排水にはまだ油が含まれているので、調整槽において油分を浮上分離させて回収する一方、固形分が沈殿する。油が回収し終わった廃水が廃水処理工程に移る。

### (2) CPO 製造工場からの廃水の特徴

CPO 製造工場で発生する廃水には、CPO 製造工程からの廃水、工場内に運び込まれたパーム椰子房（FFB：Fresh Fruit Bunch）の置き場で発生した廃水に雨水が加わって流れ出てくる廃水、工場内の各床に製造設備･配管等から漏れ出た廃水（これには雨水を伴うものも含まれる）、ボイラー等原動機等の廃水、事務所等からの雑廃水がある。

一般的な工場ではこれらの廃水を合流させて処理しているが、廃水処理の安定性確保や廃水から回収する油の衛生面の観点からも、できる限り分けて処理することが望ましい。

主要な廃水源である CPO 製造工程廃水には次のような特徴がある。実際の処理では、これらの特徴を踏まえた処理を検討することが必要である。

#### 1) 流量の変動が大きい。

CPO 製造工程に蒸気加圧処理が含まれているために、FFB からの処理は連続式に行えずに回分（バッチ、Batch）式となっており、廃水は 1 バッチ毎に排出される。例えば、FFB の蒸煮処理においては、処理時間が 90 分であるために、この工程からの廃水（コンデンセート）も 90 分毎に排出される。ただし、同一施設に 3 基の加熱釜がある場合は、30 分ごとに排出される。

#### 2) 廃水の水質が変化する。

1)と同様に、バッチ操作であること、それぞれの工程から廃水の排出のタイミングに異なること、懸濁物質や油分を多く含むために均質になりにくいことなどから、廃水の水質は変動しやすい。加えて原料となるパーム椰子が農作物であることも廃水の水質に影響がある。

#### 3) 含油量が高く、かつ BOD/COD が極めて高い。

FFB の最初の蒸煮工程からのコンデンセートは、90℃以上の高温で、かつ高 BOD、高含油廃水である。また、消化・搾油・精製工程からは精製のために温水が投入されるために、FFB 由来の有機性固形物（スラッジ）を高濃度に含む高含油廃水が多量に排出される。

CPO 製造工場廃水の処理が極めて困難である理由は、

① パーム油は植物由来であるものの、生物処理の対象としては極めて分解しにくい物質であること、
② 高濃度で含まれるスラッジと油が絡んで、油分が浮上しにくい状態になり、油水分離が困難になっていること、
③ さらに、廃水の温度が低下すると、含まれるパーム油が固まりやすくなり、そのために油がスラッジに絡み付き、粘性が上がって表面がスカム状になり、油水分離ができなくなること、
④ このような状態の廃水をポンプで輸送した場合、パーム油のエマルジョン化が促進され、油水分離が困難を極めることになること、
⑤ 廃水中に多量に含まれる有機性固形物の生物による処理速度は極めて低く、それに対応した滞留時間が必要になるが、基本的に発生量に対して処理が追いつかないために、処理槽（処理池）がすぐに汚泥でいっぱいになり、結果として十分な滞留時間が得られないこと、
⑥ 汚泥の適切な処理方法が行われていないこと、
⑦ 廃水処理設備の前に、事前にこの有機性固形物を分離回収することがコスト的に困難であること、

等が挙げられる。

CPO 製造工場からの廃水の水質は表 2-1-1 に示すように高 BOD、高 COD、高油分の酸性排水である。

表 2-1-1　CPO 製造工場廃水の水質

| 項目 | 単位 | 水質値（平均値） | 水質値（範囲） |
|---|---|---|---|
| pH | ― | 4.2 | 3.4 - 5.2 |
| TSS | mg/l | 40,000 | 11,500 - 78,000 |
| $BOD_3$ | | 25,000 | 10,250 - 43,750 |
| COD | | 50,000 | 15,000 - 100,000 |
| SS | | 18,000 | 5,000 - 54,000 |
| $NH_3$-N | | 35 | 4 - 80 |
| TN | | 750 | 180 - 1,400 |
| 油分 | | 6,000 | 150 -18,000 |

出典）The oil palm Industry-form pollution to Zero waste, the planter 72,840 pp145,1996

図 2.1.4　CPO 製造工場からの高含油廃水の一例

## 2-2　廃水処理プロセス

### 2-2-1　CPO 製造工場からの廃水の処理

#### (1) 河川放流時の排水基準

CPO 製造工場からの排水に適用される排水基準は、産業活動からの排水基準に関する環境大臣令（1995 年第 51 号）で定められている。なお、排水量の測定は、別途省令によって毎日行うことと定められている。

表 2-2-1　CPO 製造工場排水の排水基準

| 項目 | 最大濃度(mg/L) | 最大汚濁物質排出量(kg/t) |
|---|---|---|
| $BOD_5$ | 100 | 0.25 |
| COD | 350 | 0.88 |
| TSS | 250 | 0.63 |
| 油脂 | 25 | 0.063 |
| 全窒素 | 50 | 0.125 |
| pH | 6.0 – 9.0 | |
| 最大排水量 | 2.5 $m^3/t$ | |

注）最大排水量は CPO 生産 1 t 当たりの排水量
最大汚濁物質排出量は排水量 1 t 当たりの排出量
全窒素＝有機態窒素＋アンモニア態窒素＋硝酸態窒素＋亜硝酸態窒素

#### (2) 一般的に行われている廃水処理方法と排水の水質

CPO 製造工場では、高含油廃水から油水分離槽にて油を回収した後に、基本的には図 2-2-1 に示すような処理を経て、河川に放流されるか、もしくはランドアプリケーションとしてパーム椰子農園に還元されている。

一般的に採用されている処理方法は、生物安定池法、ラグーン方式による処理である。これは面積 1～数 ha、深さ 3～5 m の複数の池を利用したものである。概説すると、CPO 製造工場からの高濃度含油廃水を嫌気池に誘導する。嫌気池の内部は嫌気状態となっており、メタン発酵が起こる。その結果、有機物は炭酸ガスとメタンに分解されて廃水中の有機物濃度があるレベルまで下がる。その後、嫌気池からの流出水を酸化池に誘導し好気性処理を行い、続いて酸化池からの懸濁物質（SS）を含む流出水を沈殿地に誘導して SS 分を沈殿させて、河川に放流する。一部の工場では、酸化池からの流出水を活性汚泥槽で処理し、河川に放流している。図 2-2-2 に実際の生物安定池法のフローの例を示す。

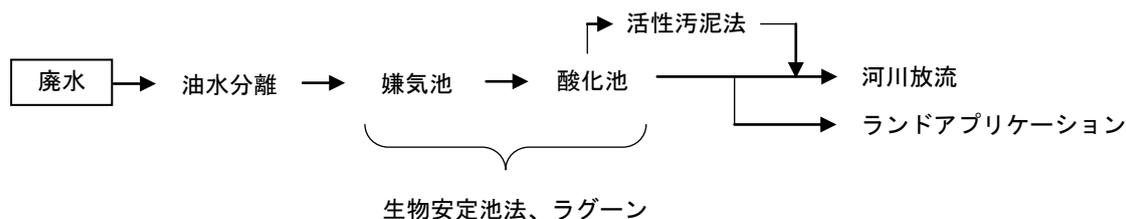



図 2-2-1　一般的な処理フロー

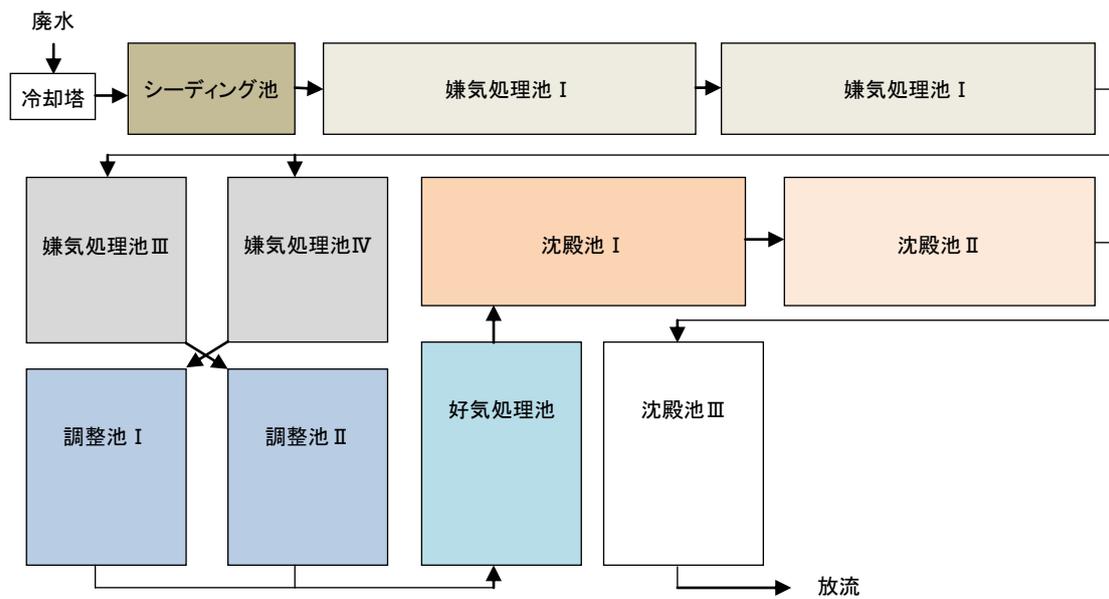



図 2-2-2　実際の生物安定池法の処理フローの一例

図 2-2-3　実際の生物安定池の様子

しかし、CPO 製造工場からの廃水の有機物濃度は極めて高く、これを河川に放流するまでに下げるには生物安定池、ラグーンでの廃水の滞留時間を長くする必要がある。そのために、より広い面積が必要となるが、インドネシアの場合、半数程度の CPO 製造工場でランドアプリケーションが行われている。これは、あるレベルまで有機物濃度を下げた後に、パーム油椰子農園に溝を掘って池からの流出水を流し込み、土壌に還元する方法であり、有機栄養源の補給によってパーム椰子の収穫量が増えることが知られている。資源の循環の観点から有効な方法であるが､ランドアプリケーションとして土壌に還元する場合､表 2-2-2 に示すように、適用できる排水に制限が設けられている。また、今後の規制動向にも留意する必要がある。

表 2-2-2　CPO 工場排水のランドアプリケーションにおける排水基準

| 項目 | 最大濃度(mg/L) |
|---|---|
| $BOD_5$ | 5,000 |
| pH | 6.0 – 9.0 |

表 2-2-3、表 2-2-4 に生物安定池法、ラグーンで処理した後の放流水の水質データを示す。いずれも酸化池から河川放流を行っている工場である。A 社では、$BOD_5$ が規制値を超え、COD についても規制基準値に対してぎりぎりの値である。また、B 社では、SS、COD、$BOD_5$ が規制を超えている。

表 2-2-3　A 社の測定例（自社分析）

| 項目 | 規制値 | 2011 年 4 月 26 日 | 5 月 30 日 | 6 月 27 日 | 7 月 |
|---|---|---|---|---|---|
| pH | 6.0～9.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | |
| T-N | 50 mg/L | - | - | - | |
| SS | 250 mg/L | 9 | 16 | 24 | |
| 油分 | 25 mg/L | 6 | 8 | 3 | |
| COD | 350 mg/L | 305 | 326 | 334 | 200 |
| $BOD_5$ | 100 mg/L | 120 | 142 | 160 | 160 |

表 2-2-4　B 社の測定例

| 項目 | 規制値 | 2010 年 12 月 15 日（曝気池） | 2011 年 1 月 26 日 |
|---|---|---|---|
| pH | 6.0～9.0 | 7.85 | 7.98 |
| T-N | 50 mg/l | 43.3 | 27.46 |
| SS | 250 mg/l | 271 | 271 |
| 油分 | 25 mg/l | 13 | 14 |
| COD | 350 mg/l | 448.04 | 349.98 |
| BOD | 100 mg/l | 210.80 | 186.5 |

規制値を超えている原因は、処理対象となる廃水中の懸濁物質濃度が極めて高いために、生物安定池（嫌気池－酸化池）内に余剰汚泥がすぐに堆積してしまい、結果として、設計値どおりに処理に必要な滞留時間が確保されていないためである。また、別の要因として、これらの処理系統への汚濁負荷が安定していないことも理由として挙げられる。従って、定期的に堆積した余剰汚泥を除去する必要がある。また、設計当初に比べ、生産量が増加している場合には、汚濁負荷量が増加するため、浮上油分と沈殿汚泥の除去の頻度を上げる等、作業標準を見直す必要がある。

### 2-2-2　廃水処理計画の基本

本項は、「新・公害防止の技術と法規 2012　水質編」（社団法人 産業環境管理協会）を参考としている。

#### (1) 処理計画の基本的な考え方

廃水処理装置を検討する場合、まず水量と水質を把握することが必要である。工場廃水だけでなく、放流先が河川の場合には河川の上流や下流における水量と水質、水の利用状況、水中生物などについての情報を、放流先が海岸や湖沼の場合についても十分な情報を収集することが必要である。さらに、これらの水域の水質、環境基準等の情報も必要である。これらの調査に要するコストは、廃水処理設備の建設費に比べれば小さいが、得られるメリットは大きい。

工場廃水の水量、水質の把握にあたって、既設の工場であれば直接測定することができるが、新設の工場については、同種の工場の既存データ等から推定するか、または生産工程ごとに水収支、物質収支を求めて水量、水質を推測することが望ましい。

廃水処理設備の規模を決定する際には、工場の将来の拡張や増産を考慮に入れるとともに、国や地方の水質規制の動向や住民感情にも十分な注意を払うべきである。また、処理の形式や規模を決定する前に、工場内の水使用の合理化を徹底的に行い、必要ならば生産プロセスや設備の変更までを行うことも検討しなければならに。

### (2) 工場内対策と工場内での汚濁負荷フロー

廃水処理を計画するに当たっては、処理対象となる廃水の量及び汚染物質の量を極力減らすように努力しなければならない。そのためには、廃水処理部門だけでなく、生産担当部門と緊密な連携が必要であり、このことにより適正な工程管理により可能な限りの廃水量、汚染負荷量を低減することが可能である。

特に、CPO 製造工程においては、パーム椰子からのパーム油の収率を上げること、すなわち廃水に逃げてしまう油量（ロス）を極力減らすことは必須である。これは、油分の生物処理が極めて困難であるからであり、廃水中の油分が減らすことで廃水処理設備への負荷を大幅に削減できる。

廃水処理の原則は、適正な製造工程の管理により可能な限り、廃水処理前に水量・汚濁濃度を低減することである。様々な発生源から排出される汚濁負荷を、集合して終末点で処理する「エンドオブパイプ」から脱却し、生産工程からのマテリアル排出を極力抑制しようとする「ゼロエミッション」や「クリーナープロダクション」の考え方が広がっている。

工場で汚濁物質の収支フローの次のように 3 つに分けて考えると、各対策の評価が容易となる。また、その場合は生産工程内のリサイクルフロー(R)も考慮する。

インプットのフロー
Im：原材料系
Iw：用水系
Io：その他系（副原料､薬剤など）

アウトプットのフロー
Op：製品系
Ow：排水系
Oo：その他系（廃棄物など）

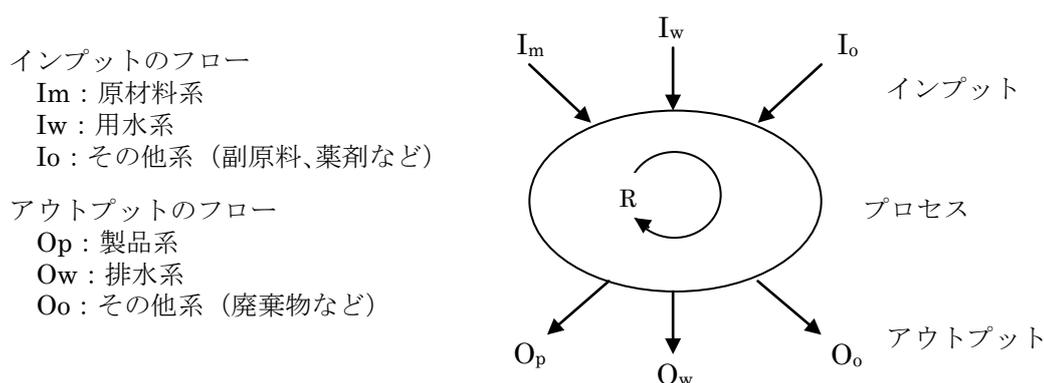



図 2-2-4　工場で汚濁物質の収支フローの概念

前述の図にあって、工場内での対策の目標は Ow を削減することである。そのために、まず工場に入る Im、Iw、Io の削減を検討する。例えば、CPO 製造工場では油の精製に使

う用水量を減ずる対策として用水量の適正化を図ったり、リサイクルを検討する。工程における対策は、Ow として排出されていた負荷の一部を、Op または Oo へ移行させることが考えられる。例えば、廃水中のパーム油の回収がこれに該当する。以下に、廃水の量及び汚濁物質濃度を減少させる手法を紹介する。

### (3) 廃水量の削減

廃水量が削減できれば、処理装置の規模を小さくすることができる。具体的な方法としては次のようなものがある。

#### ① 廃水の分別

工場内の廃水は大別して、製造廃水、冷却廃水、衛生廃水、雨水に分けられる。CPO 製造工場でも同様にして分けることができる。これらの異なる種類の廃水を混合して処理することは一般に得策ではない。廃水系統が 1 本になっている既設の工場では困難であるが、新設の工場では設計段階で廃水を分別する。CPO 製造工場では、雨水が工場内に入っている場合があるが、出来る限り雨水と廃水を分けることが望ましい。

#### ② 用水の節約

用水の節約はそのまま廃水量の減少につながる。工場内の水の使用系統を調べ、水を使い廃水を出している全ての工程について水収支を明らかにしておくことが大切である。製品の単位生産量当たりあるいは出荷額当たりの排水量を原単位というが、同種の工場でも大きな開きがある。水使用の合理化が進んでいるところほど排水量原単位は小さい。

#### ③ 生産工程の変更

生産工程の変更は、廃水量を減少させる有力な手段の一つであるが、生産工程の変更を検討する場合には水処理技術者と生産プロセス技術者との連携が必要である。廃水の量と濃度を減らすことは生産技術の一部と考えるべきである。

### (4) 汚濁物質の低減

廃水中の汚濁物質は発生源からみて 2 つに分けられる。一つは製品となるものが何らかの理由で廃水中に出てくるものである。CPO 製造工程の各機械や配管との接続部から漏れ出る粗パーム油が床に垂れて排水溝に流れる場合も含まれる。もう一つは原料から製品を生産する過程で不純物が水に含まれて排出される場合で、排水量を減少させても汚濁物質の絶対量は減らない。前者は、工程や設備の改良によって製品のロスを減らすことができる。具体的な方法として次のようなものがある。

#### ① 製造プロセスの変更

CPO 製造工程は伝統的なプロセスとして長年に渡って改善されてきたものであるが、廃水中の製品の漏れを極力抑える視点で改めて、廃水処理プロセス、製品の回収といったところから製造プロセスを検討することも有効である。

#### ② 設備の改良

CPO 製造設備の改良により、製品である CPO の回収量を高めたり、廃水に含まれる有

機物量を減少させたりできる可能性がある。また、漏れがある状態で古い設備を使うよりも漏れのない新規設備を投入することの検討も必要である。

③　廃水系統の分別

廃水量の減少の項でも述べたが、廃水系統の分別は汚濁物質濃度の減少についても効果がある方法である。また、汚濁物質濃度が低い廃水を分けて、高濃度の廃水を優先的に処理し、ある程度濃度が下がって時点で、濃度の低い廃水を混ぜて処理することで、処理効率が高まる場合もある。

④　廃水の平均化

廃水の濃度や水質が時間的に変動する場合は、調整槽を設け、汚濁物質濃度を平均化するのが良い。平均化によって汚濁負荷の絶対量が減少することはないが、濃度のピークを平滑化することにより廃水処理の操作が容易になる。場合によっては平均化することで排水基準をクリアすることもある CPO 製造工場では、製造プロセスの特性上、非連続的に廃水が出るだけでなく、汚濁物質濃度も一定ではない。さらに温度域も幅広く、90℃を超える廃水も発生する。従って、温度、汚濁物質濃度を一定に保ち、廃水処理設備の安定化のためにも調整槽が必要であり、廃水処理プロセスに一定流量で流すことも重要である。

⑤　副産物の回収

元来、無価値なものとして廃水中に捨てられていた成分を回収したものが副産物である。副産物の回収は、廃水処理にとって最も理想的な解決法であるが、それによって廃水処理問題が片付くことはない。CPO 製造工場からは、廃水中から副産物として回収できるものは期待できないが、懸濁物質を廃水から除くことができれば、後工程の廃水処理の効率は格段に上がることが期待される。

### 2-2-3　廃水処理計画の手順

本項は、「新・公害防止の技術と法規 2012　水質編」（社団法人 産業環境管理協会）を参考としている。

廃水処理計画は、長期にわたり広範な調査を進める必要がある。この計画は新設の工場に必須であるが、既設の工場において排水の水質が悪化している場合や排水基準を超えている場合には、廃水処理計画を見直す必要があり、その際にも本手順を参考にされたい。

計画の手順は予備調査段階と詳細なエンジニアリング段階に分けられる。

#### (1) 予備的調査段階

１．実態の把握

①　すべての操業条件（平常時とピーク時）に対する水収支
②　生産工程における水収支の明確化
③　廃水の水質調査
④　排水を放流する河川の水質調査（上流、下流）
⑤　水を使い汚濁物質を出すすべての工程の調査
⑥　水質保全についてのその地域の要求（法律、産業、将来の見通し）の調査

２．資料解析

① 問題となる汚染物質の排出源の特定
② 処理が必要な廃水と、そのままでも放流できそうな廃水の分離の検討
③ 排水基準を満たすために必要な処理の検討

３．工場内対策の検討

① 排出源での汚水の量、及び汚染物質の量の低減可能性
② 副産物回収の可能性の調査
③ 調査・検討した改善又は変更を行った上で、排水基準を満足するために、どのような処理が必要なのかを検討

４．エンジニアリング

① 採用すべき処理の大綱の決定
② 廃水処理プラントの形式と規模の概要を想定
③ 建設費と運転費（動力、薬品、労力等）の推算

### (2) 詳細なエンジニアリングの段階

５．廃水処理のプロセスの設計

① 必要な担当者、技術者の任命
② ベンチスケール、パイロットプラントでの処理実験によるデータの収集
③ データの解析、プロセスフローダイヤグラムへ記入及び各機器仕様の決定
④ 建設予定地の図面にプラント配置の書き込み
⑤ 機器メーカーのエンジニアリングレポートを収集・検討
⑥ 監督官庁に計画の説明と事前了解の確認

６．最終的な決定

① プラント設計の基礎となる詳細なエンジニアリングフローダイヤグラムの作成
② 全体のプラント設計について、メーカーへの承認
③ 監督官庁への最終的な許可の取り付け

## 2-2-4　処理プロセス・装置の選定

本項は、「新・公害防止の技術と法規 2012　水質編」（社団法人 産業環境管理協会）を参考としている。

### (1) 処理プロセスの選定

廃水の処理には非常に多くのプロセスがあり、廃水の種類と処理目的に応じて最適のプロセスを選定することが重要である。パーム油製造工程からの廃水は有機性であるが、油を高濃度で含み、高 BOD、高 COD、かつ高温であることと、pH が低いという特徴を踏

まえて、処理プロセスを選定することが必要になる。

図 2-2-5 に有機性排水の実験室的なプロセス選定法について紹介する。なお、廃水から汚濁物質を除いた場合、その除いた汚濁物質の処理方法も同時に検討することが重要である。実際に CPO 製造工場においては、生物処理を行っているが、大量に発生する有機性汚泥の処理が問題となっている。

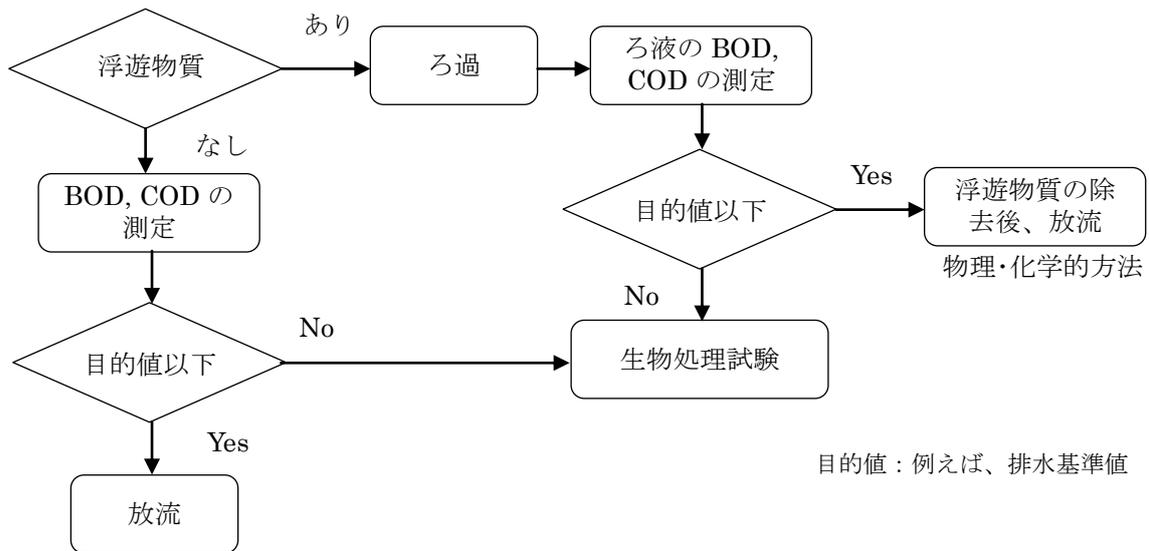



図 2-2-5　有機系排水の実験室的なプロセス選定法

参考として、無機性廃水の処理プロセスの選定を以下に示す。

－浮遊物質があれば沈降試験を行う。数時間以内で目的の水質値が得られれば、この廃水は自然沈降法で処理できると考えてよい。－静置沈殿で目的の水質が得られない場合は、凝集沈殿試験を行う。
－浮遊物質を除去した後の排水に有害物質が含まれているときは、pH 調節、硫化物添加、酸化、還元などの化学的方法で有害物質が不溶化または分解するかどうかを検討する。
－除去できない場合、溶解性物質をさらに除去するために、吸着、イオン交換などを検討する。
－排水に油分が含まれているときは、まず静置浮上試験で遊離油を分離し、油分が目的値以内に入らないときは凝集試験を行う。

**【CPO 製造工場廃水における事前処理】**

CPO 製造工場からの廃水には高濃度の油分（パーム油）が含まれている。プロセスによりその状態が異なるが、液面に油が浮上している段階で油分を回収すれば、廃水処理設備への負荷量が減るだけでなく、油の回収量向上に繋がり収益アップに貢献する。また、同様に沈降性の低い有機性固形物も沈降の良い状態のときに、できる限り槽の底部から抜き取り、廃水とは別の処理を考えることも重要である。

### (2) 処理装置の形式選定

廃水の処理プロセスが決まると、次に処理装置の形式を選定することになる。最終的にどの方式を選定するかは多くの要素を総合的に検討した後に決めることとなる。考慮すべき要因としては、以下のようなものがある。

(a) 処理能力
(b) 設置面積
(c) 建設費、運転費（動力、薬品、労力）
(d) 維持管理の難易
(e) 汚泥発生量、汚泥処理の難易度
(f) メーカーの信用（技術力、アフターサービス、実績）

## 2-3 廃水処理技術

本項は、「新・公害防止の技術と法規 2012　水質編」（社団法人 産業環境管理協会）を参考としている。

廃水処理を大別すると、物理・化学処理法と生物処理法に分類できる。有機物（BOD、COD）を含む排水は一般に生物処理法が適用されるが、処理プロセスを構成する単位操作としては、固液分離、酸素吸収などの物理化学的な操作が必要である。

廃水に含まれる汚濁物質には、懸濁状のものと溶解状のものがあり、さらに有機性汚濁物質と無機性汚濁物質とに分けられる。廃水処理の目的は、物理化学的方法、あるいは生物学的方法を組み合わせて、汚濁物質を分解し、または汚濁物質を廃水から分離して濃縮することで廃水を浄化することである。その目的を大別すると、次のようになる。

① 固液分離（懸濁物質、油分など）
② 有機物、還元性物質の酸化、分解（BOD、COD など）
③ pH の調節
④ 有害物質の除去
⑤ 無機栄養塩類の除去（主としてリン化合物、窒素化合物）
⑥ 汚泥（スラッジ）の処理、処分

このうち、CPO 製造工場からの廃水の処理では、下線部の①、②、そして⑥が最も重要でかつ困難である。

処理の程度を表すのに、一次処理・二次処理・三次処理という言葉が用いられるが、その区別は次のとおりである。

- **一次処理**：主として浮遊物質を物理的に除去するもので、スクリーン、沈降又は浮上分離などによる SS や油分などの除去が目的である。
- **二次処理**：活性汚泥法などの生物的方法により、廃水中の有機物（BOD）を分解又は除去するプロセスを総称したものである。
- **三次処理**：二次処理の段階で除去し得なかった有機物（BOD、COD）、栄養塩類（窒素、りん）、その他の成分を除去することを三次処理と総称している。

### 2-3-1　物理・化学的処理

廃水中の浮遊物質を除去することは、二次処理装置への負荷を軽減して維持管理を容易にし、運転コストを軽減することになるために重要である。廃水の性状の応じ、スクリーン、沈降又は浮上分離などの技術が採用される。

**① スクリーンによる固形物の除去**

処理設備のポンプや配管などの損傷を防止するために、原水中の大きな固形物を除去するために設置される。種々のスクリーンが市販されているが、固形物の有無や、量、形状を考慮して機種の検討を行う必要がある。

**② 沈降分離**

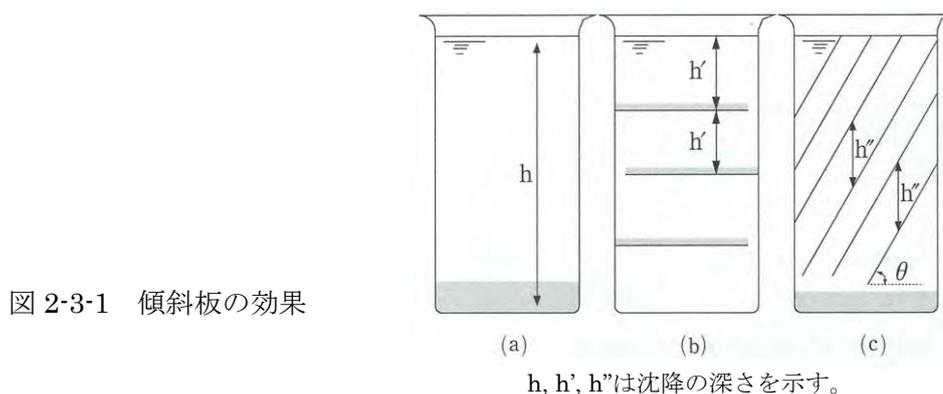
廃水処理プロセスでは、有機・無機を問わず廃水中の汚濁物質を水に不溶性の懸濁固形物の形にして水と分離するのが原則である。生物処理法においても、一般には有機物が微生物によって分解されると説明されているが、実際に好気性処理では除去される BOD の 40～60%が、嫌気性処理では 10%が微生物細胞の形で固定されて SS に変わるので、その結果、発生する余剰汚泥の分離及び処分が最も重要な部分を占めている。

このように廃水処理では固液分離が重要な部分を占めているが、その中でも沈降分離が特に重要である。沈降分離は大別すると普通沈殿と凝集沈殿とに分けられる。

沈降分離では、懸濁物質の沈降速度が重要となる。沈降速度が小さい場合、凝集剤を添加することで沈降速度を高めることが行われている。

傾斜板による沈降促進も、滞留時間が取れない場合に検討されている。水量が一定ならば、表面積を増すことによって分離効率が増す。沈殿槽内に多数の傾斜板を挿入することによって有効分離面積を増大させることができる。その例を図 2-3-1 に示す。

図 2-3-1　傾斜板の効果

h, h', h"は沈降の深さを示す。

廃水処理においては、水をきれいにするとともに汚泥の処理も極めて重要である。汚泥は埋め立てにせよ焼却にせよ、通常は濃縮脱水が必要である。CPO 製造工場廃水には有機性固形物が多く含まれているために、汚泥の濃縮は重要である。

廃水をメスシリンダーに入れて沈降の状態を観察すると、懸濁粒子の濃度及び凝集性の有無によって相違がみられる。濃度が希薄な場合には、個々の粒子はそれぞれ固有の速度で沈降するが、粒子濃度が高くなると、明瞭な界面を形成して沈降するようになる（界面

沈降)。これらは廃水の性状に大きく影響するが、活性汚泥法の最終沈澱池などでは、粒子が凝集性を有するため、濃度 2,000 mg/L 程度から界面沈降を示すようになる。

濃縮しようとする汚泥を、図 2-3-2 に示すように直径 5cm 以上、高さ 100cm 以上の透明なシリンダーにとり静置して、汚泥の界面の高さ H を時間 t ごとに測定してプロットすると曲線が得られる。これを回分沈降曲線といい、この汚泥の沈降濃縮特性を示すものである。汚泥の濃度を変えて回分沈降曲線を求め、得られたデータをベースに汚泥沈殿槽の必要面積を求める。

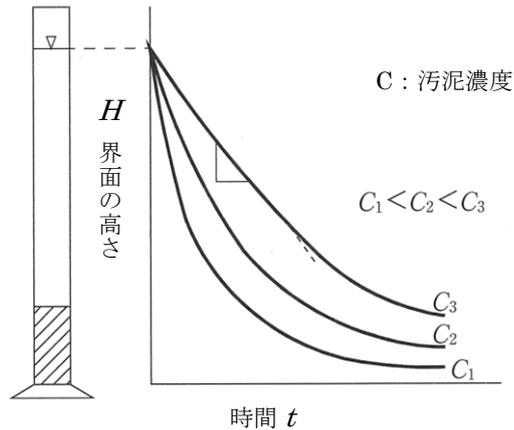



図 2-3-2　回分沈降曲線

### ③ 凝集分離

水に懸濁している粒子のうち、大きさが 10μm くらいまでは、普通沈殿やろ過法で分離することができるが、1μm 以下の粒子になると、凝集法を用いないと機械的な分離はできない。さらに、粒子径が 0.001μm 以下の粒子は分子状で分散しているので、化学的方法でいったん析出させてから凝集分離する方法がとられている。すなわち、0.001〜1μm の範囲の大きさの粒子はコロイド状又は単にコロイドとも呼ばれ、凝集処理の対象となる。

排水を浄化するに当たっては、多くの凝集剤の中からどれを選ぶかは、専ら、実験に頼るしか方法がない。表 2-3-1 に凝集剤の種類と性質を示す。また、この検討にあたっては、以下のことに留意する必要がある。

(a) 処理目的に合致した処理水が得られること。
(b) 処理しやすいフロックを生じること（フロックの大きさ、沈降特性など）。
(c) 可能な限り薬剤の種類、量ともに最低に抑え、ランニングコストを安くすること。
(d) 沈殿した汚泥の容積が小さく、沈降濃縮、脱水などの特性に優れていること。
(e) 薬剤の運搬、保存、溶解、添加などが容易であること。

表 2-3-1　凝集剤の種類と性質

<table>
<tr><th>分類</th><th>名称</th><th>化学式</th><th>pH</th><th>参考</th></tr>
<tr><td rowspan="3">アルミニウム</td><td>硫酸アルミニウム</td><td>$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2$</td><td rowspan="3">6〜8</td><td>最も一般的である。</td></tr>
<tr><td>アルミン酸ナトリウム</td><td>$NaAlO_2$</td><td>Al と共用すると凝集効果が高まるといわれている。</td></tr>
<tr><td>塩基性塩化アルミニウム</td><td>$Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$ のポリマー</td><td>色度成分の除去に効果があり、また、液の pH をあまり変えない長所がある。</td></tr>
</table>

| 鉄 | 硫酸鉄(Ⅱ) | $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ | 9～11 | 使用条件が悪いと処理水に鉄分が残り、着色することがある。 |
|---|---|---|---|---|
| | 塩化鉄(Ⅲ) | $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ | | |
| | 硫酸鉄(Ⅲ) | $Fe_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$ | | |
| | 塩素化コッパラス | $Fe_2(SO_4)_3 \cdot FeCl_3$ | | |
| | ポリシリカ鉄 | $(SiO_2)_n \cdot (Fe_2Cl_3)$ | | |

凝集沈殿法は、元の懸濁質の粒子径分布はほとんど問題にならず、これが凝集したフロックの沈降速度が分離効率を決定する。従って、本方法が適用されるのは、分離が困難なコロイド分散系の廃水である。通常の方法では分離できない COD、色度、微量の油分、重金属なども、それらの成分がコロイド状に分散していれば、凝集法で効率よく分離することができる。ただし、沈殿した汚泥には凝集剤も含まれているので、後々の汚泥の処理方法を踏まえて検討する必要がある。

**④ 浮上分離**

廃水中の懸濁物質の密度が水より小さければ浮くことになるので、浮上させて分離することができる。水より密度の小さい物質といえば、油が代表的なものである。以下に、重力式オイルセパレーターについて記述するが、浮上性の遊離油が対象になる。

CPO 製造工場廃水にはパーム油を多く含んでいるが、その状態が浮上性の遊離油の状態であれば本技術も適用可能であるが、前述しているように、CPO 廃水には油とともに有機性固形物を多く含んでいるために油が浮上しにくいだけでなく、スカム状になって油水分離が困難なことが予想される。従って、可能なかぎり遊離油の状況に油水分離装置を用いることが肝要である。

分離効率は廃水中の油滴の状態によって異なるが、日本の石油精製工場の実績によると、処理水中に残留する油分（ノルマルヘキサン抽出物質）濃度は 10～20mg/L 程度である。

**≪API オイルセパレーター≫**

この方式は、自然に放置しておけば浮いてくるような遊離油を浮上させて、かき取るようにしたものである。図 2-3-3 に API セパレータの構造断面図を示す。

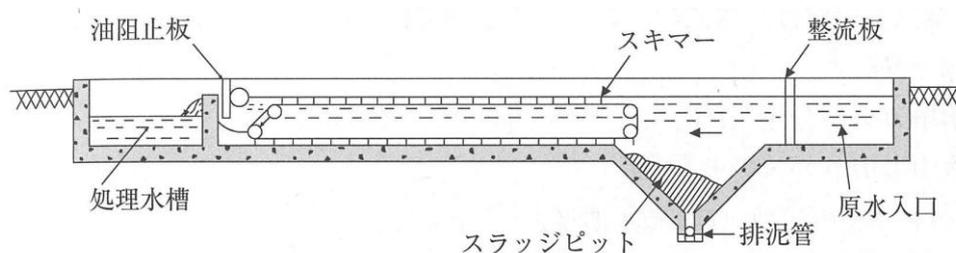



図 2-3-3　API セパレータの構造断面図

**⑤ 汚泥処理**

廃水処理は、廃水中の溶解性又は浮遊性の成分を分離濃縮する技術であり、汚泥の発生を必ず伴う。この汚泥を最終的に処分するためには、その目的に応じて、脱水、乾燥などの方法によって処理することが必要である。

CPO 製造工場で発生する汚泥には、廃水由来の有機性固形物と油脂分に排水処理の過程

で発生する微生物細胞（余剰汚泥）がある。生物安定池、ラグーンに汚泥が溜まってくると廃水処理の効率が低下し、また処理水の水質が排水基準以下をクリアしていても、除去された汚泥が適正に処理されないと再汚染源になる。このように廃水処理では、汚泥の適正な処理・処分をしなければ、廃水処理をしたとは言えない。汚泥処理については、2-3-3項で詳細に述べる。

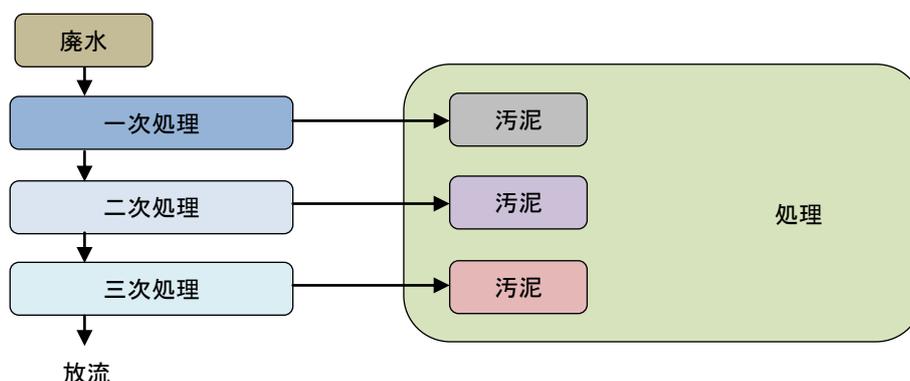



図 2-3-4　廃水処理における汚泥の処理の概念

## 2-3-2　生物処理

生物処理法は自然界に存在する各種微生物を利用した処理法で、有機性廃水処理技術として最も普及している。一般的な有機性廃水の生物処理は図 2-3-5 に示すような流れに沿って行われる。廃水は、まずスクリーンや浮上・沈降分離装置などによって、油や固形物が除去される。次に調整槽に導かれ、水質・水量的な均一化が図られ、場合によってはpH調整や栄養源の補給が行われた後、生物処理により BOD が除去される。水の再利用などのため、残存する有機物や無機物をさらに除去する場合、三次処理を行う。

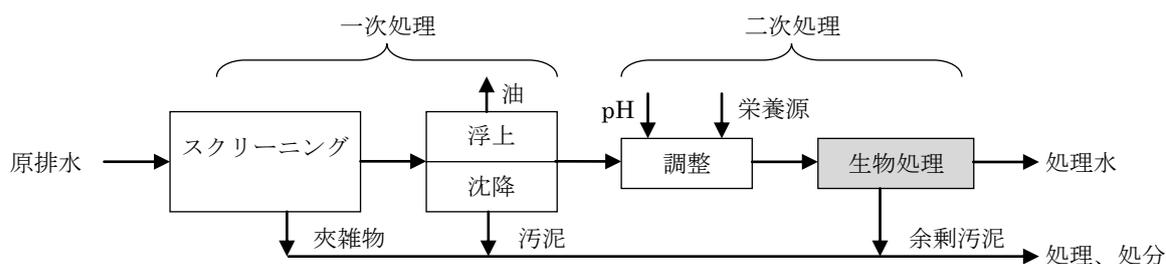



図 2-3-5　生物処理の工程

### (1) 生物処理法の分類

生物処理法は、分類の視点をどこに置くかによって分けられる

① 処理対象物質別には有機物の分解（BOD の除去)、窒素・りん除去、油脂や重金属などに分けられ、単独の目的だけでなく、複合した処理目的で採用される。生物処理法の主体は、有機物の除去、硫黄酸化物の酸化・還元、油脂類の分解などいろいろな処理に用いられる。

② 有機物の分解の経路により、酸化分解か還元分解により、好気処理（活性汚泥法、酸化池処理など）と嫌気処理（メタン発酵法）に分けられる。好気処理では、好気微生物の代謝反応により炭素成分は $CO_2$ と水に、窒素成分はアンモニアや硝酸塩に、硫黄成分は硫酸塩になる。一方、嫌気処理では、嫌気微生物の代謝反応により、有機物はアミノ酸、有機酸、アルコールなどを経て $CO_2$、$H_2$、$H_2S$、アンモニア、$CH_4$ などになる。

③ 処理に関与する微生物の存在状態によっては、浮遊生物法、生物膜法などに分けられる。浮遊生物法は、フロック状の微生物を水中に浮遊させた状態で排水と接触させ、汚濁物質の分解を図る方法で、活性汚泥法に代表される。生物膜法は、微生物を砕石、プラスチック担体などの表面に付着・固定化させた状態では汚水と接触させ、汚濁物質の分解を行わせる方法で、接触酸化法に代表される。

### (2) 活性汚泥法

#### ① 概要

活性汚泥法は現在、有機性工場廃水において、最も普及している処理技術である。活性汚泥は、多数の好気微生物や有機・無機性の浮遊物質などからなるゼラチン状のフロックである。廃水中の含まれる有機物を吸着して酸化する能力、また凝集して沈降する能力に優れている活性汚泥の中には、数多くのフロック形成能力を持つ微生物が存在する。顕微鏡で観察し、良好な活性汚泥中の微生物が確認しておくことで、処理状況を把握できる。

活性汚泥法は、反応槽と微生物（活性汚泥）を固液分離する沈殿槽などで構成されている。微生物がフロックを形成し、固液分離しやすくすることが活性汚泥法の必要条件であったが、近年は沈殿槽の変わりに膜を用いた固液分離技術も実用化され、小規模施設や高濃度有機廃水で使われるようになってきている。

#### ② 処理プロセスの構成

標準活性汚泥フローシートの例として図 2-3-6 に示す。廃水の水量・水質を平均化、必要に応じて希釈、pH 調整、栄養塩類の添加を行った後、曝気槽にて通気撹拌下で活性汚泥と接触する。排水中の有機物が、活性汚泥により吸着・酸化される。その後、沈殿池で活性汚泥と処理水に分離され、処理水が放流される。活性汚泥の一部は曝気槽に戻され、一部は余剰汚泥として（場合によっては、生汚泥とともに濃縮された後）系外に排出され、処理・処分される。この活性汚泥処理プロセスで排水中の BOD は 90%以上が除去される。

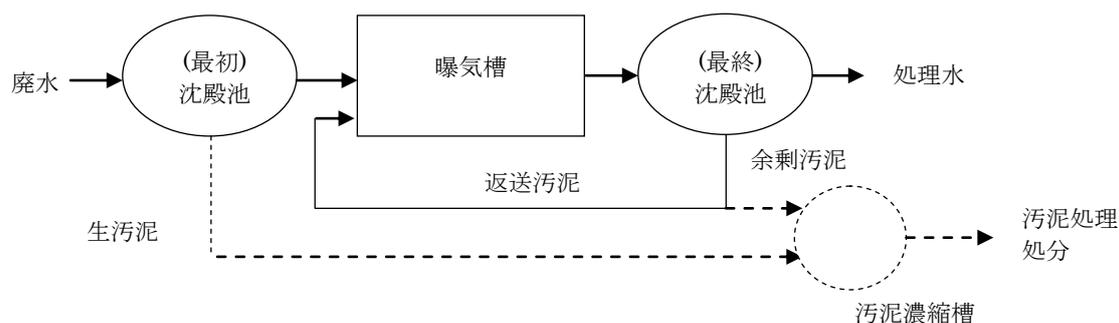



図 2-3-6　標準活性汚泥法フローシート

### ③ 基本的な操作条件

#### (a) BOD 負荷

BOD 負荷は、排水中の有機物（食物：F）と活性汚泥（微生物：M）の比（F/M）の概念に基づくもので、活性汚泥法では、曝気槽容積の決定をはじめ、運転管理の上で特に重要な操作因子である。活性汚泥濃度としては MLSS、有機物濃度には BOD が使われる。BOD 負荷の表現法には容積負荷と汚泥負荷の 2 つがある。

容積負荷は、曝気槽容積 1m³ 当たり 1 日に流入する BOD の kg 数で、次式で表される。

$$L_v = L_f Q/V$$

$L_v$：BOD 容積負荷（kg-BOD/m³/d）
$L_f$：流入排水の BOD 濃度（kg/m³）
Q：流入排水量（m³/d）
V：曝気槽容積（m³）

汚泥負荷は、MLSS 1kg 当たり 1 日に流入する BOD の kg 数で次式により表される。

$$L_s = L_f Q/VS$$

$L_s$：BOD 汚泥負荷（kg BOD/kg MLSS･d）
S：MLSS 濃度（kg/ m³）

したがって、容積負荷 $L_v$ と汚泥負荷 $L_s$ との関係は $L_v = L_s S$ となる。一般に、BOD 除去率 90%以上を得るためには、産業排水の場合、容積負荷 0.5～1、汚泥負荷として 0.2～0.4 程度の値が採用されている。

#### (b) 汚泥容量指標（SVI）

活性汚泥法では、沈殿池で活性汚泥と処理水とを効率よく分離することが極めて重要であり、活性汚泥の沈降性を知り、管理するための指標として汚泥容量指標（SVI）が用いられる。SVI は曝気槽内汚泥混合液を 1 L のメスシリンダーに入れ、30 分間静置して活性汚泥を沈降させた場合に 1g の活性汚泥が占める容積（mL）で、次式で表わす。

$$SVI = S_v/S$$

SVI：汚泥容量指標（mL/g）
$S_v$：30 分間静置後の汚泥容積（mL/ L）
S：MLSS 濃度（g/ L）

正常な活性汚泥の SVI は 50~150 の範囲にあり、200 を超えると沈殿池で汚泥界面が水面近くまで上がり、汚泥が処理水中に流出する恐れが出てくる。これをバルキングと呼ぶ。

#### (c) 汚泥返送率

曝気槽では、BOD 汚泥負荷を一定にするために、MLSS 濃度を調節する必要がある。この調節は沈殿池からの汚泥返送率を変えることにより行われる。

$$S = Sr \times R/(1+R)$$

S：MLSS 濃度（g/ L）
Sr：返送汚泥の SS 濃度（mg/ L）
R：汚泥返送率（返送汚泥量/流入排水量）

また、返送汚泥率は SVI に関係するために、これを考慮した場合には以下の式となる。

$$S \leqq (10^6/SVI)\times(R/(1+R))$$

（d）汚泥生成量

曝気槽内の MLSS 濃度を一定に保つには、除去された BOD 当たりの汚泥生成量を把握し、生成した汚泥を余剰汚泥として系外に引き出す必要がある。汚泥生成量は次式から求められる。一般に a は 0.5~0.8、b は 0.01~0.07 程度の値を示す。

$$\triangle S = aL_r - bS_a$$

$\triangle S$：汚泥生成量（kg/d）
$L_r$：除去 BOD（kg）
$S_a$：曝気槽内汚泥量（kg）
a：除去 BOD の汚泥への転換率
b：内生呼吸による汚泥の自己酸化率（$d^{-1}$）

（e）汚泥滞留時間

汚泥滞留時間（SRT）は、活性汚泥が系内に滞留している平均日数を示すもので、次式により表される。

$$SRT = (S_a+S_x)/(S_s+S_e)$$

SRT：汚泥滞留時間（d）
$S_a$：曝気槽内汚泥量（kg）
$S_x$：最終沈殿池及び返送汚泥配管などに存在する汚泥量（kg）
$S_s$：余剰汚泥量（kg/d）
$S_e$：処理水中の SS 量（kg / d）

一般に、SRT は 5~10 日である。なお、上式で $S_x$ が $S_a$ に比べて小さい場合や反応に係らない場合には、$S_x$＝0 として運用されることが多い。

（f）必要酸素量

活性汚泥法における曝気には、2 つの目的がある。

・BOD の酸化及び生物の呼吸に必要な酸素の供給
・曝気槽内の汚泥混合液の均一な混合

曝気槽内で活性汚泥量が消費する酸素量は次式で表わされる。

$$X = a'L_r + b'S_a$$

X：必要酸素量（kg/d）
$L_r$：除去 BOD 量（kg/d）
$S_a$：曝気槽内汚泥量（kg）

一般に、a'は 0.35～0.55、b'は 0.05～0.24 程度の値を示す。

### (g) その他

| 要素 | 留意点 |
|---|---|
| pH | 活性汚泥を構成する微生物の多くは、中性付近（pH6.0～8.0）に増殖の最適pH値を持つため、曝気槽のpHはこの範囲で維持することが望ましい。 |
| **水温** | 微生物の増殖は、温度の影響を受ける。特に、20℃以下の低水温での処理プロセスの機能低下をきたすことが多いので、注意を要する。 |
| **栄養塩類のバランス** | BOD を効率的に酸化分解するのに必要な栄養塩類の量とバランスについては経験則を基に、BOD：N：P＝100：5：1程度の窒素、リンが必要とされる。 |

### (3) 嫌気処理法

嫌気処理法（メタン発酵法）の特徴を表2-3-2に示す。酸素供給のための曝気を必要としないため所要動力が少なく、発生するメタンガスがエネルギーとして利用できる省エネルギー型の水処理である。廃水中の有機物は嫌気分解により大部分がメタンガスとして回収されるため、菌体の増殖速度が小さく、余剰汚泥の発生量も少ない。

表2-3-2　活性汚泥法とメタン発酵法の諸元比較　（注）○：優位点

| 項目 | 活性汚泥法 | | メタン発酵法（慣用法） | |
|---|---|---|---|---|
| 対象排水濃度 | | 低~高濃度 | | 高濃度 |
| COD負荷量（$kg \cdot m^{3} \cdot d^{-1}$） | | 1～3 | | 1～3 |
| 滞留時間（d） | ○ | ～1 | | 10～30 |
| MLSS (mg/L) | | 2000～5000 | | 10000 |
| COD除去率（%） | ○ | 95以上 | | 60～90 |
| 汚泥生成率（%） | | 50～60 | ○ | 10～20 |
| 汚泥沈降性(mm/s) | | 2 | | 1 |
| 臭気 | ○ | 少 | | 有 |
| 所要動力 | | 大 | ○ | 小 |
| 処理の安定性 | ○ | 大 | | 小 |
| 栄養源の補給 | | 多 | ○ | 少 |
| アルカリ度調節 | ○ | 不要 | | 要 |
| スタートアップ(月) | ○ | 0.5 | | 2～4 |
| バイオガス生成 | | 無 | ○ | 有 |
| 重金属類の不溶化 | | 少 | | 多 |

### ① 原理と処理プロセス

廃水中の有機物は、多くの種類の通性嫌気性菌（好気、嫌気それぞれの条件に合わせ生存、代謝する菌）、偏性嫌気性菌（嫌気条件のみで生存、代謝する菌）の関与の下に加水分解、発酵により高級脂肪酸、アミノ酸などを経て低級脂肪酸、酢酸、水素などに分解され（酸生成過程）、さらに$CO_2$、$CH_4$、アンモニア、$H_2S$へと還元的に分解される（ガス生成過程）。酸生成とガス生成の過程は、通常は同一の槽内で行われるので、両分解過程のバランスをとることが重要である。特に、ガス生成過程に関与する偏性好気性菌は、通性嫌気性菌より環境条件や阻害物質の影響を受けやすい。したがって、メタン発酵を円滑に行

わせるためには、ガス生成過程の管理に留意することが重要である。

CPO 製造工場廃水に含まれるパーム油や有機性汚泥（植物由来の高分子）は、通常の溶解性有機物と異なり、嫌気処理においては特に難分解性物質であるので、最適な負荷量とともに滞留時間を長くとる必要がある。

メタン発酵処理の基本的プロセスを図 2-3-7 に示す。メタン発酵槽を中心として、これに付属する、投入廃水の前処理、発酵槽運転条件の維持、及び生成物の利用と後処理に関する諸設備によって構成される。

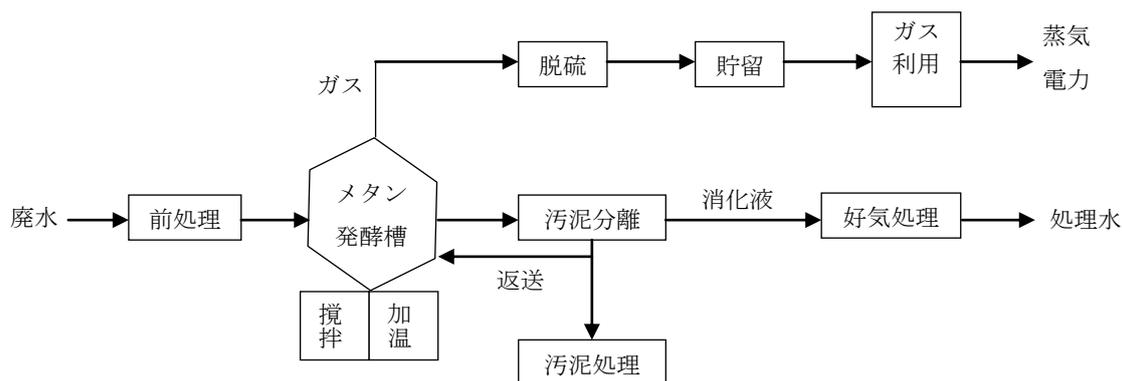



図 2-3-7　メタン発酵処理プロセスの構成

### ② 基本的な操作条件

#### (a) 有機物負荷

有機物負荷は活性汚泥と同様に、廃水中の有機物とメタン発酵汚泥の比に基づくもので、発酵槽容量の決定をはじめ、運転管理上でも重要な因子である。通常、中温発酵では有機物負荷を COD 負荷量として 2～3 kg/m³/d、高温発酵では 5～6 kg/m³/d であり、毎日の負荷量がこれを越えないように、管理することが必要である。

#### (b) pH

メタン生成菌の最適 pH は 6.8～7.5 と言われており、比較的狭い領域にある。実際の運転に当たっては、有機酸やアンモニアなどとも関連し、最適 pH は 6～8 の範囲内にある。

#### (c) 温度

メタン発酵法には中温発酵法（36～38℃）、高温発酵法（53～55℃）がある。高温発酵法は中温発酵法の約 2.5 倍の処理能力をもつといわれるが、安定性では中温発酵が高い。

### ③ メタン発酵槽

代表的なメタン発酵槽としては、嫌気ろ床（AF）、嫌気流動床（AFB）、上向流式嫌気汚泥床（UASB）、二槽発酵槽システムなどが開発されている。図 2-3-8 に一般的なメタン発酵槽の概略構造を示す。攪拌装置をつけたタイプもある。

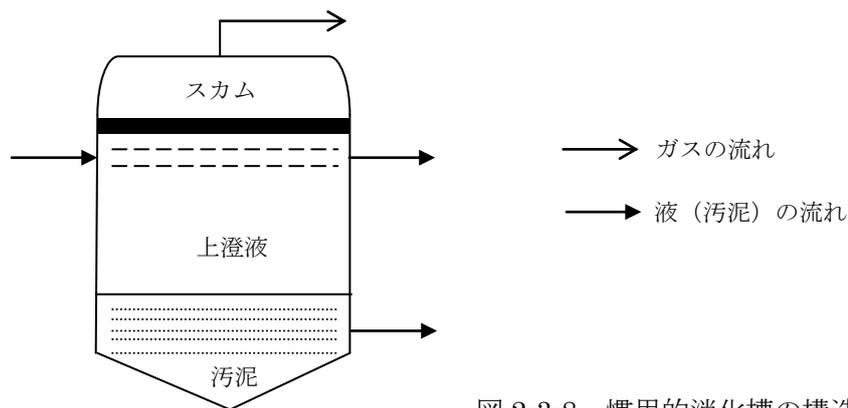



図 2-3-8　慣用的消化槽の構造

**(4) 曝気式酸化池法（曝気式ラグーン）**

素堀りまたはコンクリートなどの池に曝気装置（機械式あるいは散気式）を設けて、有機性汚濁物質を好気的に処理する方法で、大量の廃水を大規模な池で処理するのに適している。水深は 3～4m 程度、一般に滞留時間は日単位なので、広い敷地を必要とする。

活性汚泥と同様な生物が浄化に関与するが、活性汚泥と比較して次の点で異なる。

・生物量が極めて低濃度に保持されている。（保持するような管理が必要）
・沈殿池がない。
・返送汚泥をしない。
・人口的な曝気のほかに、自然の表面曝気が多くを占める。
・温度が機能に及ぼす影響が大きい。

BOD 除去率は温度、滞留時間により異なるが、適切に管理できれば 90%以上に達する。除去率 E は、次式で計算できる。

$$E = 100 \times (1 - 1/(1+kt)) = 100 \times kt/(1+kt)$$

E：BOD 除去率（%）
k：BOD 除去速度定数（$d^{-1}$）
t：滞留時間（d）

曝気式ラグーンは広い土地が確保できる地域で利用されている。参考のために実測 k 値を以下に示す。

下水：平均 0.68（0.39～1.04）
クラフトパルプ：平均 0.81（0.46～1.08）
缶詰廃水：平均 1.74（0.2～3.6）
板紙廃水：平均 1.42（1～2）

本法は沈殿池がないため、汚泥や分解しない固形物は処理水中に流出することになり、また長期的には堆積した汚泥を引き抜く必要がある。

### (5) 生物安定池法

生物安定池法は自然又は人口の池を利用して廃水を処理する方法で、最も簡単な生物処理法の一つである。大別して、酸化池、通性（嫌気）池、嫌気池に分けられる。表 2-3-3 の生物安定池法を計画するに当たっての基礎データの例を示す。

表 2-3-3　生物安定池計画資料

| 池の種類 | 酸化池 | 通性池 | 嫌気池 |
|---|---|---|---|
| 深さ（m） | 0.2 ~ 0.3 | 0.6 ~ 1.5 | 2.5 ~ 3.0 |
| 滞留時間（d） | 2 ~ 6 | 7 ~ 30 | 30 ~ 50 |
| BOD 負荷（$g/m^3/d$） | 4 ~ 23 | 2 ~ 6 | 34 ~ 56 |
| BOD 除去率（%） | 80 ~ 95 | 75 ~ 85 | 50 ~ 70 |
| 植物性プランクトン（mg/L） | ＞100 | 10 ~50 | 0 |

酸化池法は、廃水を池に滞留させ、植物プランクトン(藻類)の光合成によって発生した酸素と空気中から溶解した酸素を利用して､廃水中の有機物を酸化分解する処理法である。日光が十分に当たること、水深が浅いことを必要とする。

CPO 製造工場の廃水処理でも最も多く利用されているが、池に余剰汚泥が堆積しており、計画通りの滞留時間が得られていないために、処理状況は良くない。したがって、後述するように余剰汚泥を引き抜いて、池の容積を確保することが必要となっている。

図 2-3-9　CPO 製造工場における酸化池

## 2-3-3　汚泥処理

### (1) 汚泥処理の基本工程

一般に、沈殿分離によって発生する汚泥の固形物濃度は 2 wt%以下のものが多く、流動性を有するので、固体としての取り扱いができないだけでなく容積が大きいために輸送コストも大きくなる。例えば、含水率 99%のものを脱水により、96%に下げると汚泥の体積は 1/4 に、さらに 80%に下げると汚泥の体積は 1/20 に減容できる。したがって、これを脱水することがまず必要となる。脱水される水量当たりの費用は、沈降濃縮によるものが最も安く、機械的な脱水（例えば、ろ過、遠心分離など）がこれに次ぎ、熱による脱水（蒸発、乾燥）が最も高い。また、生物安定池に堆積汚泥や活性汚泥法の沈殿池からの余剰汚泥も取扱いが困難であるので、適宜脱水等の処理が必要になる。

汚泥には有機性汚泥と無機性汚泥があるが、CPO 製造工場廃水で発生する汚泥は、代表

的な有機性汚泥である。
図 2-3-10 に汚泥処理の基本的な工程を示す。

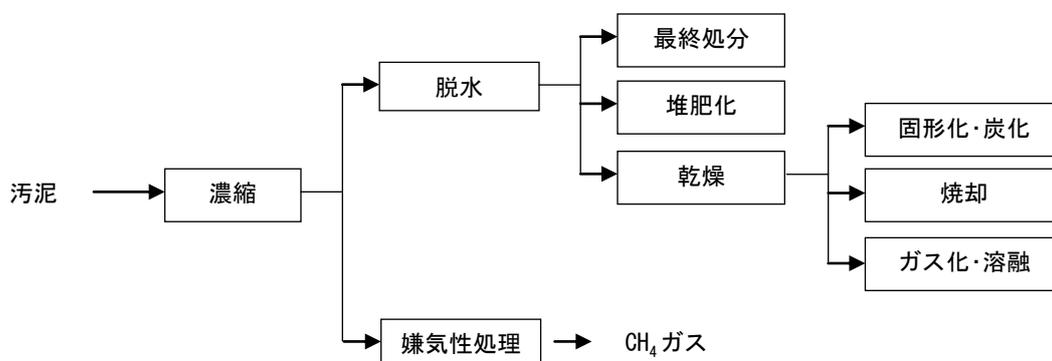



図 2-3-10　汚泥処理の基本的な工程

## (2) 汚泥の脱水

### ≪汚泥の前処理≫

水処理から発生する汚泥の大部分は、そのままでは脱水ろ過時の比抵抗が大きいので、ろ過脱水が困難である。これを機械脱水するためには、何らかの方法で比抵抗を下げる処理を行わなければならない。これを汚泥の前処理（Conditioning）という。表 2-3-4 に汚泥の前処理技術を示す。

表 2-3-4　汚泥の前処理技術

| 処理 | 内容 | 特徴 |
|---|---|---|
| ろ過助材の添加 | 珪藻土、おがくず、フライアッシュなどが使用される。 | 一般に大量に添加しないと効果が現れない。このため脱水ケーキの量が増大し、ケーキの処理、処分のコストにはね返る。 |
| 凝集剤添加 | 汚泥中の微粒子を凝集して粗大粒子とすることにより、ろ過の比抵抗を下げる。凝集剤として塩化鉄（Ⅲ)、消石灰などの無機系凝集剤と有機系の高分子凝集剤が使用される。 | 現在、最も広く用いられている。真空ろ過、加圧ろ過には無機系凝集剤を使用し、遠心脱水、スクリュープレス、ベルトプレスには有機系の高分子凝集剤が用いられる。 |
| 水洗 | 汚泥を 3～4 倍の水で水洗すると比抵抗が低下することがある。 | 下水や、し尿の消化汚泥に対して有効である。 |
| 熱処理 | 有機性の汚泥はたんぱく質、炭水化物、繊維質などを含み、物理的には親水性コロイドであって、脱水が困難である。このような汚泥を加圧化で加熱（170℃以上、60 分間程度）すると、変質し、過脱水が容易となる。 | 設備が複雑になるが、熱処理汚泥をフィルタープレスで脱水すると水分は 50%程度までに下がる。また、薬品などの添加を必要としないが、エネルギーコストがかかる。 |
| 凍結・融解 | 汚泥を凍結してから溶解することでコロイド的な性質が一変し､濃縮と脱水が容易となる。 | 薬品を使用しないが、凍結のためのエネルギーが必要となる。 |

### ≪脱水技術≫

表 2-3-5 に汚泥の主要な脱水技術を示す。

表 2-3-5　汚泥の主要な脱水技術

| 名称 | 内容 | 特徴 |
|---|---|---|
| 真空ろ過 | 多孔ドラムに、ろ布を巻きつけこれを回転させ、内部を真空度 53.3～80 kPa 程度に減圧する。ドラムが汚泥に浸漬されているときに、真空によって汚泥はろ布に吸いつけられる。回転によってケーキが汚泥を離れると空気が吸引されてケーキの脱水が進み、次に圧縮空気を内側から吹かしてケーキをろ布面から浮かしたのちにスクレーパにより剥離させる。 | ケーキの厚みは 3～10mm 程度で、含水率は 70～85%である。本方式は脱水性能や維持管理性において、他の方式より劣る。 |
| 加圧ろ過 | フィルタープレスは加圧脱水装置の代表的なものである。汚泥は加圧ポンプでろ過機の各ろ過室に押込み、ある時間が経ったら汚泥の供給を中止し、各ろ過板を外し、ケーキを排出して再び組み立ててろ過を開始する。ろ加圧を通常 200～800 kPa 程度操作する。バッチ運転となるが、維持管理が容易である。 | ろ加圧をとることも可能であり、また、ろ過面積の増減もできる。最近では、ろ過のサイクルを自動で行える装置も市販されている。<br>設備費：約 10 $/m³ 程度 |
| 加圧ロール脱水（ベルトプレス） | 汚泥に高分子凝集剤を添加・凝集させ、これを目の粗いベルト状のろ布の上で、重力によってある程度自然脱水してからろ布の間に挟み、上下からロールを介して圧搾し、脱水する。 | 添加薬品として少量の高分子凝集剤を使用することが多い。運転騒音が小さく、得られるケーキの含水率は他の方法よりも低い。設備費が高い。<br>設備費：約 60～100 $/m³ 程度 |
| スクリュープレス | 固定されたケージとその中で回転するウォーム軸からなり、ウォームの回転によりスラッジをケージ内に送り込みウォーム軸にそってスラッジを次第に挟撃部に送り込みその時に発生する圧力によって圧縮脱水する。 | 構造が簡単で高圧が利用できる。繊維分に富む汚泥の脱水の適する。下水汚泥では、水分平均 70%を得ている。<br>設備費：約 15～25 $/m³ 程度 |
| 遠心脱水 | 高速回転による遠心力を利用して汚泥の脱水を行うもので、遠心沈降と遠心ろ過都があるが、連続運転が容易なことから専ら遠心沈降が用いられている。 | 脱水効果に優れている。 |

### (3) 汚泥乾燥

脱水処理された汚泥の水分は、90～96%程度になっている。これを更に減量化する場合や有効利用するためには、水分量を下げる必要がある。焼却処理では 50～55%に、コンポストでは 60～70%に、固形燃料化には 10%以下に下げる。

表 2-3-6　乾燥形式の特徴

| 形式 | 特徴 | CPO 製造工場発生汚泥への適用性 |
|---|---|---|
| Rotary Dryer | 連続式、規模や性状の制約なし<br>構造が堅牢で維持管理が容易 | ◎ |
| Screw Dryer | ファイバー率が高く、動力消費率が高く、スクリューは消耗品 | △ |
| Band Dryer | 規模の制約、熱源が必要 | ○ |

### (4) 汚泥焼却

有機質の汚泥は、有効利用の道がなければ焼却する方法がある。焼却により汚泥は著しく減量し取り扱いが容易となる。しかし、焼却時の排ガスや灰の処分に注意が必要となる。

汚泥の発熱量は有機物の含有量によって異なる。下水汚泥の場合は約 10.5 MJ/kg-dry ぐらいのものが多いが、CPO 製造工場で発生する汚泥には油分も含まれていることから、これよりも高いと考えられる。いずれにしても汚泥を補助燃料なしで燃焼させるには、水分を 40%以下にまで脱水処理する必要がある。

焼却炉には、流動焼却炉、ロータリーキルン、ストーカー炉がある。その特徴を表 2-3-7 に示した。

表 2-3-7　焼却炉の特徴

| 形式 | 特徴 | CPO 製造工場発生汚泥への適用性 |
|---|---|---|
| Stoker | 移動床・階段式などがあり、水分＜55%に適用。<br>未燃分が多い。 | ○ |
| Rotary Kiln | 幅広い汚泥性状や油脂分の多い汚泥に適する。<br>構造が簡単で故障が少ない。 | ◎ |
| 流動床 | 水分＜60%に適用可能で、炉内脱硫も可能。<br>燃焼率が高く、制御性に優れる。 | ◎ |

### (5) 汚泥の利用

今後、活性汚泥法も含めて廃水処理が普及していけば、発生する汚泥量が増加する。脱水汚泥、あるいは焼却後の焼却灰の最終処分方法として、埋立処分に加えて、様々な有効利用が考えられている。有効利用の方法としては、脱水汚泥の緑農地還元（コンポスト化）、焼却灰の建設用資材（セメント原料、タイル・レンガなど）が代表的なものであるが、近年、脱水汚泥を固形化・ペレット化し、それをさらに炭化し、ボイラー用固形燃料、発電用燃料として利用される例もある。さらに、メタン発酵法によって $CH_4$ ガスが得られ、燃料としての利用の可能性がある。ここでは、堆肥化（コンポスト化）と汚泥の嫌気性発酵処理について紹介する。

#### ① 堆肥化（コンポスト化）

#### (a) メリット

脱水汚泥を好気的に発酵させて有機物を減らし安定化し、汚泥中の N、P、K 分の肥料成分を利用する方法で、そのメリットは次のとおりである。ただし、原料の確保、設備の投資額とともに、生産された堆肥の用途先、市場先を確認することが必要である。

・資源還元：CPO 製造工場で発生する汚泥は、元々はパーム椰子（植物）である。汚泥から製造した堆肥の有効利用は、土壌に還元する点からも望ましい。

・有害菌、害虫、雑草種子の不活化：製造中の堆肥の温度が 70℃前後まで上昇するので、殺菌、殺虫及び不活化される。

・原料となる汚泥等の処理＋有価物化：脱水汚泥や空房（EFB）の減量化と有価物化。

(b) 製造条件

堆肥化工程では、酸素、水分、C/N 比、温度、原料 pH の管理が重要である。各要素はそれぞれ互いに影響する。表 2-3-8 に各要素に対する考え方を整理している。

表 2-3-8　堆肥化の条件

| 要素 | 条件 |
| --- | --- |
| 酸素 | 有機物の分解は主に好気性微生物の働きによる。原料に空気を供給するために、固形物を混合して通気性を確保すること、送風、切り返し（混合）することなどの工夫が必要であるが、通気し過ぎると乾燥するので留意する。 |
| 水分 | 水分は 50～60%wt が良い。水分が高い場合は、パーム葉、乾燥草などの副資材の混合、加熱が良い。水分が低い場合は、加水する。 |
| 温度 | 堆肥化の温度帯は中温（30～50℃)と 高温(50～65℃)。分解速度は高温が高く、病原菌、害虫卵、草種子の不活性化が起こる。温度が上昇しない場合は、他の環境因子に問題がある場合がある。 |
| pH | pH5 以下では分解は進まない。pH の上昇と共に分解速度が大きくなり pH9 で最大となる。 |
| C/N 比 | 原料中の炭素量（C）を窒素量（N）で割ったもの。この割合が最も微生物活性に影響を与える。一般的に、C/N 比 10～30 で分解が速やかに行われる。 |

(c) 処理方法

堆肥化の過程では、次の反応が起きている。

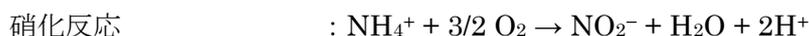
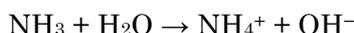
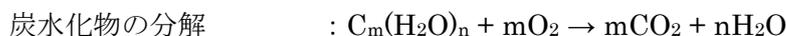
**【反応】**

炭水化物の分解　：$C_m(H_2O)_n + mO_2 \rightarrow mCO_2 + nH_2O$

脂肪とタンパク質の分解：$C_xH_yN_zO_p + aO_2 \rightarrow C_uH_vN_wO_q + bCO_2 + dH_2O + eNH_3$

$NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$

硝化反応　：$NH_4^+ + 3/2\ O_2 \rightarrow NO_2^- + H_2O + 2H^+$

$NO_2^- + 1/2\ O_2 \rightarrow NO_3^-$

**【堆肥化における発酵】**

一次発酵：低分子の有機物（糖類やアミノ酸）が分解され、50～70℃まで上昇する。その後、低分子の有機物が分解され、温度ともに低下する。

二次発酵：一次発酵で分解できなかった高分子（リグニン、セルロース）が分解される。アンモニアが硝酸へと硝化される。一次発酵より緩やかに分解が進む。

**【処理法】**

初期水分 50～60%ｗｔになるように、乾燥材（例えばパーム葉、乾燥草など、農園周囲で集荷可能な生有機材、又は乾燥生成コンポスト）を加えて水分を調整する。また、pH≒7～8 に維持し、嫌気性発酵を防ぐため、通気又はときどき切り返し（混合、撹拌）を行う。一次発酵期間は、1～2 週間。その後、さらに 3～8 週間程度熟成させる（二次発酵）。

**【設備と管理】**

風通しのよい、屋根のある敷地で、簡単な撹拌装置、水分調整設備のみで堆肥化が可能。一次発酵中にアンモニアガス、水分蒸発が発生するので、脱臭・水分調節対策が必要。

**【二次発酵が進んでいない堆肥の問題】**

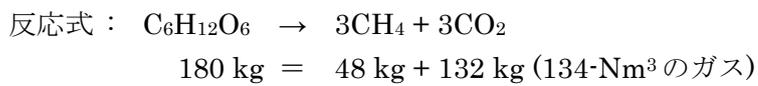
未熟な堆肥を土壌に投入した場合、土壌中で有機物の分解が起こって、土壌中の酸素が消費され、土壌は酸素欠乏を起こす。

### ② 汚泥の嫌気性発酵処理

**【原理】**

汚泥を嫌気状態（無酸素）におくことにより、有機物が微生物（酸生成菌、メタン生成菌が主体）により、加水分解、酸生成、メタン生成の過程を経て、$CO_2$、$CH_4$、分離液（残渣）まで分解される。

反応式： $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3CH_4 + 3CO_2$

180 kg ＝ 48 kg + 132 kg (134-$Nm^3$のガス)

（参考：乾燥汚泥の有機成分 93％、$C_5H_7O_2N$）

**【発酵処理】**

発酵温度は、中温（37℃)と高温(55℃)の 2 種類がある。汚泥の固形分濃度や構造により日本・欧州に多くのシステムが開発されている。$CH_4$ ガスは DG エンジンやガスエンジン発電等の燃料に利用、分離液は肥料として利用されている。

## ３．工場の環境管理

### 3-1　環境管理作業の標準化

#### 3-1-1　環境管理作業標準化の基本

排水に関する環境管理作業には、廃水処理システムの平常時の運転管理作業及びその維持管理作業、廃水処理システムを構成する機器・装置の故障や誤操作による事故及び豪雨等の災害による緊急時の環境管理作業が考えられる。環境管理を確実に実施する前提として、これらのそれぞれの場合を想定した作業を標準化し、その手順をあらかじめ策定しておくことが重要である。

廃水処理システムの全体的な処理能力の確保のためには、環境管理計画に基づく環境管理目標を設定しておき、廃水の諸条件を把握し、廃水処理システムの能力を十分に発揮させるとともに、その継続的な改善を検討していくことが重要である。すなわち、計測データに基づく数値管理、機器・装置の適正な操作の習慣化、操作手順の改善提案などが必要となる。

#### 3-1-2　廃水処理システムの運転管理及び維持管理作業手順

パーム油製造工場の廃水処理システムの一般的なフローの例を図 3-1-1 に示したが、これらのサブシステムや機器・装置は各工場の各種条件によって構成は異なる。

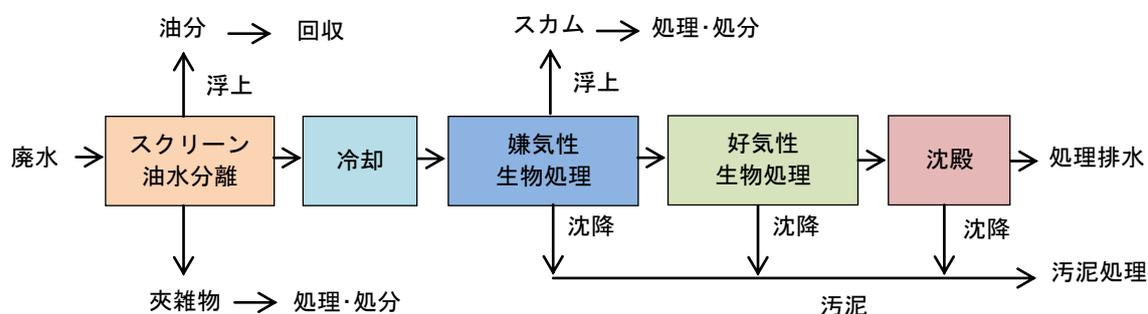



図 3-1-1　パーム油製造工場の廃水処理システムフローの例

#### (1) サブシステムにおける環境管理の要点

工場排水の水質管理は、最終的に放流水の水質をその工場に適用される排水基準に適合させることである。そのためには、まず廃水処理システムの標準運転マニュアルを策定することが必要となる。

マニュアルはサブシステムごとに、日常管理として流量調整、標準運転の確認、放流水の水質・水量の確認などの標準的な操作手順を記載するとともに、その操作の意義や操作の際の注意点、想定される誤操作によって起きる不具合やその対応策なども含めて作成することが肝要である。

また、適正運転の確認、入出水量の確認、不具合の発生などについての記録、報告の様式も標準化しておくことが必要である。さらに、各サブシステムの維持管理手法について

も、マニュアル化しておく必要がある。サブシステムを構成する機器・装置は、稼動部分の多くが廃水処理中の水中にあり、未処理の廃水と接触し、腐食・消耗等が激しいため、定期的な点検、注油、部品交換が必要であり、マニュアルには、それらの作業の時期、必要な消耗品、部品等を列挙しておき、予備品の管理、清掃や定期点検がスムーズに行えるようにする。これらの、作業の完了等がマニュアル上で確認できるようにしておく。

各サブシステムの現場においては、その装置運転員及び環境管理技術者の氏名を表示することで、責任を持って運転に当たる自覚を惹起することも有効である。生産プロセスにおいても必要とされることであるが、5S 運動、すなわち、整理(Seiri)、整頓(Seiton)、清潔(Seiketsu)、清掃(Seiso)、躾(Shitsuke)を標準運転マニュアルに記載し、習慣化することが排水管理の場でも重要である。

ここでは、それぞれのサブシステムごとに管理の要点を示す。

### ① 油水分離装置における管理の要点

代表的な油水分離装置は、自然に放置し浮いてくる遊離油をかき取るようにしたものである。パーム油製造工場においては、油分の濃度が高いので十分な能力を有する油水分離装置が必要となるが、いずれも浮上性の遊離油を分離するものであるから、乳化油や油滴の大きさが約 0.01cm 以下の非常に細かい粒子になったものは分離が困難になる。また、この分離効率は水温に大きく影響される。そのため、油滴が細かくならないような運転管理、適切な温度管理が重要である。浮上した油は油膜となって水面に集まるので、これを何らかの操作によって槽外に取り出すことになるが、分離した油をできるだけ水と混合させないことが望ましいので、ある程度油膜を厚くしたほうがよい。しかし、過度の油の蓄積は処理水中への混入を招くことになるので、適切な油膜の維持するための運転管理が必要である。また、油水分離装置に接続する汚水導入パイプや処理水排出パイプ内部に蓄積するスカムの除去のための定期的な清掃や装置の底部にかき寄せ装置がない場合は底部に蓄積するスカムの除去のための定期的な底部の清掃が必要である。実際の油水分離装置の例を図 3-1-2 に示した。

図 3-1-2　実際の油水分離装置の例

②冷却装置における管理の要点

オイルセパレータで一定程度高温状態を保った廃水を嫌気性生物処理プロセスに導入する前に、廃水の温度を嫌気性処理プロセスに適するレベルに調整する。パーム油製造工場は広大な敷地を有しているので、負荷変動などの環境条件の変化に対して安定な広大な面積を有する中温醗酵の嫌気性生物処理プロセスが採用されることが多い。この場合、最適温度は36～38℃であり、特別な冷却装置は不要で、汚水を適度に大気に触れさせるような簡単なものが用いられることが多い。装置としては簡単なものであるが、温度の監視は重要である。

③嫌気性生物処理プロセスにおける管理の要点

パーム油製造工場は広大な敷地を有しているため、酸素供給のための曝気動力を必要としない腐敗式の大面積嫌気性処理池を使用する場合が多い。嫌気性処理池は、汚泥の外観や沈降性を常時監視することができない。したがって、処理水または処理池内の水質を監視しながら、正常な運転状況を維持することになり、汚濁物質負荷量、温度、pH の管理が重要になる。汚濁物質負荷量は、嫌気処理池の容積に応じた適正量があり、毎日の負荷量がこれを超えると、BOD 除去率及びガス発生率が減少し、処理能力が低下する。

嫌気性生物処理（メタン発酵）の最適 pH は 6～8 である。pH の低下は過負荷による有機酸の蓄積の兆候であり、この場合は直ちに処理水の流入を停止する。有機酸の蓄積が認められた場合は、アルカリにより中和し、有機酸の消失を待って、処理水の注入を再開する。水温も重要な管理項目である。中温発酵法の場合、30～38℃に保持する。中温発酵法における無加温発酵は省エネルギー的にはもっとも望まれるところであるが、発酵速度が低いために膨大な処理槽（池）容積と長い滞留時間が必要となる。発生する汚泥量は少ないが、広大な処理池表面に大量のスカムが発生するため、その定期的な除去が必要となる。実際の嫌気性生物処理池の例を図 3-1-3 に示した。

図 3-1-3　実際の嫌気性処理池の例

④好気性生物処理プロセスにおける管理の要点

本プロセスについても、パーム油製造工場は広大な敷地を有しているため、素掘りまたはコンクリートなどで建設した大規模な池に曝気装置を設けて有機性汚濁物質を好気的に処理する曝気式酸化池法（曝気式ラグーン）が用いられることが多い。本方式は、大量の

廃水を処理するのに適しているが、一般に滞留時間は日単位なので広大な面積を必要とする。また、活性汚泥法と同様な微生物が処理に関与するが、生物量がきわめて低濃度に保持されている。

沈殿槽を有しない、汚泥返送を行わない、人工曝気のほかに自然の表面曝気も多い、温度が機能に及ぼす影響が大きいという特徴を踏まえた管理が必要であるが、曝気により微生物が廃水中の有機物を代謝しフロックを形成すること、次プロセスで汚泥が容易に沈降分離できることの 2 条件が常に満たされるように管理するのが基本である。

流入水の管理については、ラグーン内の pH が中性付近になるように管理する。処理対象となる有機物が高濃度の場合は少量ずつ注入し、かつ速やかにラグーン全体に均一に混合させる。曝気については、散気量または曝気装置の深漬深さ、回転数を調節し、微生物が増殖できる溶存酸素濃度を保つ。溶存酸素は廃水の流入場所で最も低く、流出口で最も高くなる。ラグーンの中に溶存酸素計を設置し、溶存酸素濃度を常時監視することは本プロセスの維持管理上非常に有用である。この場合、ラグーンの中央から流出口寄りに設置するのが望ましい。溶存酸素濃度が低下した場合は、酸素供給の不足が予想されるが、むしろ、注意が必要なのは溶存酸素濃度が急に高くなった場合である。溶存酸素濃度の急上昇は酸素消費の低下、すなわち、pH の異常や毒性物質の流入による生物活動の低下が予想され、早急に対処する必要がある。

本プロセスにおける BOD 除去率は、温度、滞留時間により異なるが、温度が低くなく、滞留時間が十分である場合は 90%以上になる。なお、沈殿槽を有しないため、増殖した汚泥や分解しない固形物は処理水中に流出することになり、次のサブプロセスで沈殿工程が必要となる。また、長期的には底部に堆積した汚泥等を清掃する必要がある。図 3-1-4 に好気性生物処理池と曝気装置の例を示した。

図 3-1-4　好気性生物処理池と曝気装置の例

**⑤沈降・分離プロセスにおける管理の要点**

本プロセスにおいては、前段階のプロセスによって、水に不溶性の懸濁固形物の形にされた廃水中の汚濁物質を水と分離する。生物処理法においては、除去される BOD の 40～60%は微生物細胞の形で固定されて懸濁固形物(SS）に変るので、その結果発生する汚泥の分離及び処分が最も重要な部分を占めている。このように、廃水処理においては固液分離が重要な部分を占めているが、その中でも沈降分離が特に重要である。沈降分離は大別

すると、普通沈殿と凝集沈殿があるが、普通沈殿は、凝集操作を行わないで、そのまま沈降分離させるもので、自然沈殿と呼ばれる。

パーム油製造工場は広大な敷地を有しているため、本プロセスについても、他のサブプロセスと同様に、素掘りまたはコンクリートなどで建設した大規模な沈殿池を使用した自然沈殿法を用いることが多い。本プロセスは、前段階の嫌気性生物処理、好気性生物処理によって形成された懸濁物質を含む処理水を沈殿池に導入、静置し、固形物を沈降させ、分離するものである。沈殿池における固形物の除去効率は、短絡流の発生によって著しく低下するので、流入部、流出部ではできるだけ均一な流れが得られるよう、流入部への浮遊物質の詰りの除去、越流堰の調節を行うとともに、スカムの蓄積や藻類の発生による偏った流れが生じないよう清掃を行う。沈殿池で沈降した固形物は汚泥として排出するが、汚泥はできるだけ高濃度で、かつ過度の堆積がないよう、適切な間隔で除去しなければならない。沈殿池には、とくに、汚泥排出装置が設備されていない場合は、適当な重機で排出する。図 3-1-5 に処理排水の放流の様子を示した。

図 3-1-5　処理排水の放流の様子

### (2) サブシステムにおける管理項目と環境管理

排出水に関する管理項目には、排出水の水質、排出水量、水温などがある。排出水の最終的な pH、SS、BOD、油分、水量、温度などの値が水質規制に適合するように管理する。そのためには、各サブシステムにおける水質測定、流量測定、各サブシステムの適正な運転管理、調整池による制御が必要となる。表 3-1-1 に、各サブシステムにおける水質監視項目を示した。

表 3-1-1　各サブシステムにおける監視項目

| 汚水処理サブシステム | 監視・測定項目 |
|---|---|
| スクリーン・油水分離 | 水質（pH、SS、BOD、油分、水温など）、水量、浮遊物、水位など |
| 冷却 | 水温 |
| 嫌気性生物処理 | 水質（pH、SS、BOD、油分、水温など）、水量、浮遊物、水位など |
| 好気性生物処理 | 水質（pH、SS、BOD、油分、水温など）、水量、浮遊物、水位、送空気量、空気圧、DO など |
| 沈殿・調整 | 水量、SS など |
| 排出口 | 排水量、排水基準項目 |

これらの監視項目を適正に把握するために、排水管理作業を工場管理の中で標準化させ、統一する。すなわち、排水水質監視をマニュアル化し、社内の職制に準拠した環境管理総責任者、環境管理技術者、測定担当者、廃水処理装置運転員から構成される管理体制を構築し、マニュアル上にその組織を明示するとともに、各担当者の職責を記載する。また、マニュアルに沿って、監視項目の測定結果及び問題点を記録し、報告する様式も整備する必要がある。表 3-1-2 に監視・測定項目ごとの手順の例を示した。

表 3-1-2　監視・測定の手順例

| 監視・測定項目 | 監視・測定頻度、注意点等 | 業務担当者 | 報告先 |
| --- | --- | --- | --- |
| 水質測定 | 数回／日：日間変動、週間変動を把握する | 測定担当者 | 環境管理技術者 |
| 水量測定 | 数回／日：日間変動、週間変動を把握する | 測定担当者 | 環境管理技術者 |
| サンプリング | 排出口：設定した同一箇所 | 測定担当者 | 環境管理技術者 |
| 測定場所 | 流入口：用水、設定した同一箇所<br>各処理サブシステムの流入口／流出口 | 測定担当者 | 環境管理技術者 |
| 処理システム | 各サブシステムの運転状況の監視と記録は、一定時間ごとに実施する | 装置運転員 | 環境管理技術者 |
| 水位 | 標準運転時の水位を確認する | 装置運転員 | 環境管理技術者 |
| 流量、水温 | 標準値、最大値、最小値を確認する | 装置運転員 | 環境管理技術者 |
| ポンプ | 運転状況、ポンプ圧力 | 装置運転員 | 環境管理技術者 |
| ブロワー | 運転状況、空気圧 | 装置運転員 | 環境管理技術者 |

また、各サブシステムの監視項目の異常値や運転状況の異常については、その原因を事前に想定し、あらかじめ対応策を考えておくことが必要である。表 3-1-3 に、一部の測定値が異常値を示した際の想定される原因と対応策の例を示した。また、表 3-1-4 に、サブシステムにおいて運転状況その他に異常が検出された場合に想定される原因と対応策を例示した。

表 3-1-3　測定値が異常の際の想定される原因と対応策の例

| 測定値異常項目 | 想定される原因 | 対応策 |
| --- | --- | --- |
| 廃水中の pH の変動 | ボイラーブロー量の増大 | 連続ブローの実施 |
| | ステリライザー脱離液の増加 | 分流（汚水の均質化） |
| 水温の過上昇 | ボイラーブロー | 熱回収型のブロワーの設置 |
| | ステリライザーのフラッシング | 冷却装置の点検・改良 |
| 油脂分の増加 | 油水分離工程の機能低下 | 油水分離工程の点検・改良 |
| | ステリライザーの脱離液の増加 | 分流（汚水の均質化） |
| | 圧搾工程からのリーク | リーク水の管理 |

表 3-1-4　サブシステムの運転状況が異常なケースの例

| サブシステム | 異常状況 | 想定される原因 | 対応策 |
|---|---|---|---|
| 油水分離装置 | 油水分離機能の低下 | 流入水量の増加 | 滞留時間の調整 |
| | | 水温の低下 | 調整槽で水温調整 |
| | | 油分の乳化 | 過度の撹拌の回避 |
| | | 溢流堰の過負荷 | 溢流高さの調整 |
| | | 層内水流の偏流 | 水量調整 |
| | | 沈殿物の再浮上 | 引抜き量の調整 |
| 曝気装置 | 活性汚泥の解体（過度の酸化→微粒子状汚泥→汚泥分離が困難） | 過剰曝気<br>微生物の異常発生<br>有害物の混入<br>過度の機械撹拌 | 散気量の減少<br>処理水の増加<br>曝気時間の延長 |
| | 汚泥のバルキング（水質異常・操作不備→凝集性低下・沈殿分離が困難） | 無機質分の不足<br>糸状菌の発生<br>油脂分の影響<br>散気量の不足 | 消石灰などの混入<br>散気量の増大<br>汚泥の入れ替え<br>凝集剤の注入 |
| 沈殿・清澄装置 | 最終沈殿での汚泥の浮上（汚泥が堆積→嫌気分解→ガス発生→汚泥浮上） | 汚泥引抜不良 | 汚泥引抜の適正化<br>散気量を減少 |
| | 透視度の低下(汚泥の過度の酸化→微粒化) | 過度の曝気 | 汚泥の解体に同じ |

各工場では、工場廃水に最適な廃水処理システムを構築し、それに適合した運転管理を行い、排水環境管理を実施することになる。従って、排水環境管理はそれぞれの工場で独特のものになるが、上記の、各サブシステムにおける管理の要点や監視・測定項目、異常時の原因究明及び対応策をあらかじめ手順としてまとめておくことが必要である。

**① 監視・観測値のまとめ**

サブシステムごとに、前項に述べた監視・測定項目の値を表として記録し、随時、グラフ化することによって、平常時運転における各測定値の日変動や週変動を把握することができる。表 3-1-5 に記録シートの一例を示したが、この様式はサブシステムごとに該当する監視・観測項目を設定して、作成する必要がある。

表 3-1-5　サブシステム監視・観測表の一例

| サブシステム監視・観測表 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| サブシステム名称： | | | | | | | | | | | |
| 観測者名： | | | | | | | 測定者名： | | | | |
| 日時 | 運転状況 | 流入出水 | 水量 | 水位 | 水温 | 水色 | 浮遊物 | pH | SS | COD | 異常の有無 |
| | | 流入 | | | | | | | | | |
| | | 流出 | | | | | | | | | |
| | | 流入 | | | | | | | | | |
| | | 流出 | | | | | | | | | |
| | | 流入 | | | | | | | | | |
| | | 流出 | | | | | | | | | |

これらの表及びデータから作成したグラフより異常値を検知することが容易になる。異常値を検知した際には、即時、環境管理技術者に報告するとともに、その原因を究明し、対応策をとる必要があるが、前項に述べたように、あらかじめ、その原因及び対策を想定しておけば、迅速な対応ができる。異常事態の発生がない場合でも、毎日、環境管理技術者に報告し、さらに、環境管理技術者は、一定期間ごとに、環境管理総責任者に報告しなければならない。

### ② 標準運転作業の手順書の作成

廃水処理プロセスによる適正な環境管理のためには、既述した各項を取りまとめて、適切な標準運転条件を定め、それを標準化して「標準運転手順書（SOP：Standard Operation Procedure）」を作成し、それに従って正しい運転作業を行うことが肝心である。この SOP には、正常な運転作業のほか、不調時の調整法や想定することのできる異常事態を正常な運転状況に修正する操作手順までを記載しなければならない。したがって、適正な SOP を作成し、それぞれの担当者は、それを十分に理解し活用できるように平素から教育、訓練しておくことが重要である。表 3-1-6 に、SOP に記載する項目と内容の例を示した。

表 3-1-6　標準運転手順書（SOP）に記載する項目及び内容の例

| 記載する項目 | 内容 |
|---|---|
| 処理プロセス基礎資料 | 処理プロセスの概要説明、処理プロセスの原理、用語の説明、廃水及び排水の物性、プロセスフローシート |
| フローシート集 | サブシステム配置図、各サブシステム詳細フローシート |
| 運転作業基準 | 定常運転管理、サブプロセスごとの運転管理<br>（起動、定常運転、停止）<br>不調時の対策の例示<br>（サブシステムごと：想定される不調、不調の原因、復調方法）<br>異常事態の対策の例示<br>（サブシステムごと：想定される異常事態、その原因、それぞれの対策）<br>緊急事態の予防策の例示<br>（サブシステムごと：想定される緊急事態、その原因、それぞれの予防策）<br>維持管理作業<br>（機器・装置の点検・整備、流路の点検・整備、堤体の点検・整備、観測器具の点検・整備、環境整備・美化） |
| 主要機器取扱い基準 | コンプレッサー、曝気装置、各種ポンプ<br>（機器の構造及び操作法を明示、取扱説明書の場所） |
| 監視・測定基準 | 監視・測定項目の監視方法・測定方法・分析方法を明示 |
| 保安関係基準 | 保安器具の配置・使用法（浮き輪等）<br>消火機器・設備の配置、使用方法<br>漏水防止具の配置、使用方法 |
| 定期点検整備関係基準 | 点検整備作業開始前の運転停止手順<br>点検整備作業の一覧、作業手順<br>点検整備作業終了後の運転再開手順 |

### 3-1-3　緊急時等の水質汚濁抑制計画の策定

#### ①　事故時の対策（応急対策）

緊急時という場合は、事故（人為災害）の場合と天災（自然災害）の場合の二つに分けて考えることができる。一般に、事故は原則的には未然に防止することが可能なものである。前節において例示した想定される原因によって発生する異常事態を列挙、分析し、その対策を前もって検討しておく必要がある。

その対策としては、予防措置、事故時の内外部への連絡体制、応急対策、事後の報告などについて、標準運転手順（SOP）に記載しておく。そして、平素から SOP に沿った教育・訓練を行い、異常事態に対して冷静かつ機敏に適切な対処が行えるようにしておくことが重要である。異常事態の沈静化ができずに被害が拡大した場合及び予測することのできなかった機器の破損や誤操作による異常事態に対しては、次項に述べる災害対応計画と同様な対策をとることが必要である。

#### ②　災害時の対策（緊急時対策）

一般に、天災自体は予防することは困難である。したがって、天災対策は、もっぱら、それによる被害を小さくとどめる、あるいは、被害の拡大を防止するための対策ということになる。そのための天災の予知、予報は重要である。

緊急事態が発生してから行う防護措置は、被害を軽減するにすぎない。したがって、事後対策よりも事前の予防対策のほうが賢明であり、効果も多く、経済的でもある。しかし、災害は一つの対策によって対処できるような単純なものではない。そのため、並列的に、諸種の予防対策を施すとともに、直列的な防護、拡大阻止、制圧などの対策を総合的に行わなければならない。たとえば、万一災害が発生しても非常事態に拡大しないためにも、プロセス全体にわたって、体系的に、系統立てて予防を図ることが必要である。

インドネシアのパーム油製造工場を対象とした場合、想定される自然災害は、暴風雨、地震、雷等である。これらに起因する緊急事態としては、暴風による機器・装置の破損、大量降雨による廃水や未処理水の溢流、地震による機器・装置及び処理池提体の破損に伴う廃水や未処理水の流出、雷に起因する火災・爆発などが考えられる。また、自然災害のほかに、前項に述べた人為災害に起因する異常事態が沈静化できない場合や想定できない誤操作に起因する廃水や未処理水の流出、火災・爆発などが考えられる。これらの緊急事態に対する予防策を表 3-1-7 に示した。

表 3-1-7　自然災害等に起因する緊急事態と予防策

| 想定される自然災害等 | 自然災害等に起因する緊急事態 | 予防策 |
|---|---|---|
| 暴風 | 機器・装置の破損 | 機器・装置の予備品 |
| 大量降雨、洪水 | 廃水や未処理水の溢流 | 溢流防止材<br>予備貯槽 |
| 地震 | 提体の破損に伴う廃水や未処理水の流出 | 流出防止材<br>提体保護材 |
| | 機器・装置の破損 | 機器・装置の予備品 |

| 雷 | 火災・爆発 | 消火装置、消火剤 |
|---|---|---|
| 想定できなかった異常事態、沈静化できなかった異常事態、誤操作 | 廃水や未処理水の流出 | 流出防止材 |
| | 火災・爆発 | 消火装置、消火剤 |

上記の予防策は、前述の標準運転手順書（SOP）に記載しておくことが必要である。また、予防策を完備しても、緊急時において運転操作に手抜かりがあれば、ただちに大きな被害につながる。したがって、緊急時においても誤操作を起こさず、沈着迅速に操作を行えるよう平素から従業員に対して定期的または必要な都度、十分に教育訓練を行うことが肝心である。

以上に述べたことによって、被害の拡大を防ぐことが大切である。万一、緊急事態が発生した場合には、いつでも対処でき、被害が拡大しないうちに処理できるように、平素から対処方法を整えておく必要がある。あらかじめ整えておくことが必要な項目、内容、編成、連絡体制、監督官庁への応対、近隣住民への広報などを、緊急事態対策規定及び対策実施要領としてまとめておく。表 3-1-8 に緊急事態対策規定を、表 3-1-9 に対策実施要領を例示した。

表 3-1-8　緊急事態の対策規定の例

| 項目 | 内容例 |
|---|---|
| 第 1 条（目的） | 緊急時対応体制の確立、緊急事態の迅速かつ適切な処理 |
| 第 2 条（適用範囲） | 当工場内で事故あるいは天災による重大な被害の発生が予想される場合、あるいは隣接工場で災害が発生し当工場に重大な影響を及ぼす恐れのある場合 |
| 第 3 条（対策要領書の策定） | 本規定に基づく対策を具体化した要領書の策定 |
| 第 4 条（災害の鎮圧及び拡大防止義務） | 全従業員の一致協力した災害の鎮圧・被害の拡大防止の努力義務 |
| 第 5 条（通報の義務） | 事故、災害を発見した者の関係先への通報の義務、具体的な関係先は要領書に記載 |
| 第 6 条（外部への通報及び応援依頼） | 災害の規模・内容による防災本部は外部関係先へ通報あるいは応援を求めること、具体的な関係先は要領書に記載 |
| 第 7 条（出動） | 1 次出動：現場の要請、2 次出動：防災本部の指令 |
| 第 8 条（編成） | 防災本部及び必要な編成、具体的な編成は要領書に記載 |
| 第 9 条（配置） | 防災本部及び各編成の配置、具体的な配置は要領書に記載 |
| 第 10 条（緊急呼び出し） | 従業員の緊急呼び出しへの出動義務、具体的な配置は要領書に記載 |
| 第 11 条（任務と行動基準） | 具体的な行動基準は要領書に記載、指揮者の指示が要領書よりも優先、とくに緊急なときは状況に応じ適切な行動 |
| 第 12 条（公害防止） | 災害に伴う汚染の防止、汚染の拡大の防止、具体的な作業は要領書及び標準作業手順（SOP）による |
| 第 13 条（2 次災害の防止） | 各部署による 2 次災害の防止、具体的な作業は要領書に記載 |
| 第 14 条（避難） | 危険が予想される場合の退避・避難、具体的な退避・避難方法は要領書に記載 |
| 第 15 条（応援対応） | 外来応援への対応 |
| 第 16 条（救急） | 負傷者の救出・処置 |
| 第 17 条（対外発表） | 関係官庁・報道機関・周辺住民への広報 |

| | |
|---|---|
| 第 18 条（解除） | 事態が平静に復した場合の緊急事態の解除 |
| 第 19 条（残務処理） | 緊急事態の解除後の後処理 |
| 第 20 条（付則） | 実施時期、改定方法 |

表 3-1-9　対策実施要領書の例(抜粋)

| 規定対応項目 | 内容例 |
|---|---|
| 第 5 条（通報） | 緊急電話、緊急ページング、現場と防災本部の連絡、緊急サイレン、連絡の系統 |
| 第 6 条（外部への通報及び応援依頼） | 所轄消防署、所轄警察署、監督官庁、病院、地域防災機関<br>連絡先部署・電話番号 |
| 第 8 条（編成） | 防災組織表(防災本部長、各担当班、連絡先)の策定 |
| 第 9 条（配置） | 防災本部、各担当班の配置 |
| 第 10 条（緊急呼び出し） | 各担当班に応じた出動体制の規定 |
| 第 11 条（任務と行動基準） | 防災本部長・各班長・班員の任務 |
| 第 12 条（公害防止） | 廃水の流出防止、火炎ガスの減耗(消火) |

異常事態対策の予防システムを十分に組込んだ標準運転手順書（SOP）や緊急事態の対策規定、対策実施要領書であっても、実際の災害に直面した時に適切な対処ができなければ被害を惹起することは多くの事例が教えるところである。したがって、これらの標準運転手順や緊急事態対策規定、対策実施要領を十分活用できるように平素から教育を行い定期的な訓練を実施して、緊急事態に立ち至っても冷静機敏に適切な対処ができるようにしておくことが重要である。

## 3-2　日常廃水・排水測定の実施

パーム油製造工場から排出される廃水は多量の有機物を含んでおり、そのまま工場外に排出すると環境に対する負荷が大きく、環境破壊を引き起こす。それを防ぐためには、廃水を適正に処理し環境負荷の低減を図ることが必要である。適正に処理されているかどうかは排水の水質を測定し、モニタリングすることで確認できるが、同時に廃水処理工程が効率的に行われていることの確認も必要である。このために水質を一定期間ごとに測定し、モニタリング結果を記録することが重要である。

測定装置は、自動で連続モニタリングが可能な自動測定装置、簡単な器具と操作で測定できる簡易測定機器、出来るだけ正確で精度の高い測定をする精密測定装置に分類される。測定目的、必要な精度、測定頻度、分析技術者の有無などによって、測定機器を選択する。

工場排水に関する測定方法と測定頻度がインドネシア政府によって定められており、地方政府に対する届け出では、KAN (Komite Akreditasi Nasional) や ISO 等の認証分析室による分析値であることの証明書の添付が必要である。表 3-2-1 にパーム油製造工場での指定項目と SNI に記載されている測定方法を示す。

表 3-2-1　パーム油製造工場での指定項目

| 測定項目 | 届出の義務 | 公定法（番号） | 備考 |
|---|---|---|---|
| 試料の採取･保管 | | SNI 6989.59:2008 | |
| 排水流量 | ○ | | |
| BOD | ○ | SNI 6989.72:2009 | 5 日間法 |
| COD | ○ | SNI 6989.2:2009 | 重クロム酸法 |
| COD | | SNI 06-6989.22-2004 | Mn 法 |
| $NO_3$-N | | SNI 6989.74:2009 | |
| $NH_3$-N | ○[1] | SNI 06-6989.30-2005 | |
| ケルダール N | | SNI 06-6989.52-2005 | |
| $PO_4$-P | | SNI 06-6989.31-2005 | |
| pH | | SNI 06-6989.11-2004 | |
| DO | | SNI 06-6989.14-2004 | アジ化ナトリウム法 |
| DO | | SNI 06-2425-1991 | 電極法 |
| TSS | ○ | SNI 06-6989.11-2004 | 重量法 |
| 鉱物油 | | SNI 6989.10:2011 | 重量法 |
| 油分 | ○ | SNI 06-6989.10-2004 | |
| ノルマルヘキサン抽出物 | | SNI 06-2502.1991 | 重量法 |

1)　$NO_3$-N + $NH_3$-N + ケルダール N

しかし、測定は最終排水だけでなく、廃水処理施設の制御や工場内の排水管理、あるいは工程管理などでかなり幅広く行われる。最終排水の測定には、工場の自主管理としての監視の意味もある。監視目的の場合は、政府によって定められた方法以外に各種の測定方法が使用される。また、必ずしも目的物質を測定するのではなく、それに代わる物質の測定で代替えすることも行われている。簡易測定装置は操作方法などが簡単で、価格も比較的に安価なために、監視のためによく使用される。さらに、自動測定装置は 24 時間の監視が行われるために、排水や排水処理施設の制御に使用されている。表 3-2-2 に、上述の指定項目以外で、特に推奨される測定項目を示す。

表 3-2-2　推奨される測定項目

| 測定項目 | 備考 |
|---|---|
| 有機汚濁物質 | 紫外吸光 |
| 富栄養物質（全窒素） | 過硫酸分解法 |
| 濁度<br>MLSS（Mixed Liquor Suspended Solids） | 光散乱／光透過法<br>MLSS：活性汚泥法の曝気槽（好気槽）内の浮遊物質で、活性汚泥中の有機物分解に関与する生物量を代表して表したもの。 |

### 3-2-1　分析・測定機器の設置・機器の管理

排水量が多い工場では、排水中に含まれる水質汚濁物質の濃度が変わると環境に与える影響が大きく、連続的に監視をすることが望ましいが、この場合測定値の変化を監視する要員及び機器の保守管理をする要員が必要となる。また、自動測定装置を用いる場合、測定精度を維持するために、その設置には十分な注意が必要であり、天候などの周囲環境の変化を受けにくいように装置を保護する対策が必要となる。また、排水を安定的にサンプリングするために、測定装置の前に調整槽を設置するなどの工夫も必要となり、導入のために、ある程度のコストが必要である。

一方、簡易測定機器は排水量が比較的多くない工場などで使われることが多い。簡易測定機器は安価なコストで導入が可能であり、専門的知識もそれほど必要としない。

精密測定装置の場合はその操作に専門性の高い分析技術が必要であること、装置を分析に適した環境に設置することが望まれることから、工場内に分析センターなどの組織を有する大規模工場以外は導入することは一般的に難しい。排水データを公的機関に提出する場合で、KAN や ISO 等の認証がなければ外部の認証機関に委託をして分析をしてもらうこととなる。

### (1) 簡易測定機器

簡易測定機器は、分析手法を簡易化し、多少の知識と経験のある者であれば誰でも使用できることを目的として作られている。操作は比較的簡単であり、機器や使用器具も安価なものが多い。しかし、精度に関してはやや劣り、機器の種類によっては 10～100%程度のばらつきがあることは覚悟しなければならない。

簡易測定機器で使用される測定原理には、電気化学的な方法（電極等)、光検出を使用した方法、滴定によって目視により試料の変色を確認する方法などがある。それぞれに特徴があり、測定項目も異なる。また、それらの機器管理なども異なるため、自分たちが使用する機器に応じた管理方法を定めなければならない。表 3-2-3 に光検出を使用している代表的な簡易測定機器を記載する。

表 3-2-3　光検出を使用する簡易測定機器

| 測定項目 | 吸光光度法 | | チューブ式比色法 | | 比色板法 | 試験紙法 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 測定方法 | 測定範囲 (mg/L) | 測定方法 | 測定範囲 (mg/L) | 測定範囲 (mg/L) | 測定範囲 (mg/L) |
| アンモニア性窒素 | サリチル酸法 | 0.08 - 2.50 | インドフェノールブルー法 | 0.2 - 10(6)*1 | 0 - 1 | 0 - 6(6)*1 |
| 亜硝酸性窒素 | ジアゾ化法 | 0.005 - 0.50 | ナフチルエチレンジアミン法 | 0.005 - 0.5 (7) | 0 - 0.3 | 0 - 3(6) |
| 硝酸性窒素 | カドミウム還元法 | 0.2 - 5.0 | 還元ナフチルエチレンジアミン法 | 0.2 - 10(6) | 0 - 1 | 0 - 50(6) |
| | クロモトロープ酸法 | 0.3 - 30 | | | | |
| 全窒素 | 過硫酸分解/クロモトロープ酸法 | 2.0 - 25.0 | | | | |
| TKN | 蒸留法 | | | | | |
| りん酸性りん | モリブデンブルー法 | 0.15 - 15.0 | モリブデンブルー法 | 0.1 - 5(6) | 0 - 2.5 | 0 - 50(5) |
| 全りん | 過硫酸分解／モリブデンブルー法 | 0.02 - 1.20 | | | | |
| 硬度 | カルマガイト比色法 | 0.05 - 4.00 | PC 法 | 0 - 200(6) | | 0 - 425(6) |
| アルミニウム | エリオクロムシアニンR法 | 0.002 - 0.250 | ECR 法 | 0 - 1(6) | 0 - 0.3 | |
| 鉄 | 1,10-フェナントロリン法 | 0.02 - 3.00 | 1,10-フェナントロリン法 | 0.2 - 10(6) | 0.05 - 1 | 0 - 5(7) |
| COD | クロム酸法 | 0 - 150 | | | | |
| | マンガン法 | 20 - 1000 | 常温アルカリ性過マンガン酸ｶﾘｳﾑ法 | 0 - 100(7) | | |

※　ここに記載したものはあくまでも例であり、もっと多くの項目の測定が可。
　　同じ方法でもメーカにより名称が異なる場合がある

*1　比色の濃度段階数を表す

光検出を使用した方法に関しては、濁度や SS（懸濁物質）のように試料を測定セルに入れてその濃淡を測定する方法もあるが、大半が発色試薬と目的物質を反応させ、その反応生成物の光吸収の強弱（または試薬の色の減少）を測定する。従って、これらの機器の使用に際しては、正しい測定手順の確認、反応・測定時間の厳守、機器の清掃、試薬類の管理（保管温度、遮光保存、使用期限など）が必要となる。また、試験に使用した廃液の管理（量は少ないが）も必要である。

### (2) 自動測定装置

自動測定装置は、試料中に装置を浸漬する場合も含めて、試料採取から測定、データの処理までを自動で行う装置である。測定操作のほとんどを測定装置自体が行うために、特に測定技術は必要としないが、正しい測定をするために装置の維持管理が重要となる。維持管理の主な作業は、試薬類の補充、装置内の接液部分の洗浄及び交換、異常時の試料採取、故障時の簡単な修理である。

一般に自動測定装置を用いた測定形式にはインライン測定とオンライン測定がある。インライン測定では、測定対象である試料の槽や流路に自動計測機器の検出部分を直接挿入し、測定・記録・伝送を連続的に行う。オンライン測定では、測定対象の試料の槽などから、試料の一部を自動的に採取し、装置内の測定部に導入して測定・記録・伝送を行う。

インライン測定では pH 電極などのような電気化学センサーや濁度計などの光を直接計測する光検出センサーなどが使用される。オンライン測定ではポンプなどにより測定部に試料を導入する。化学反応などを伴うものについては一定間隔ごとに連続して測定することとなる。いずれの場合でも、測定を維持するためには定期的な保守作業が不可欠である。

自動計測の目的には、排水監視などのような水質の常時監視と、排水処理などのような工程の制御があり、導入目的や設置条件などによって機種を選択する。

オンライン型の自動測定装置の最も重要なことは、測定装置内に確実に試料を送り込むことであり、そのために調整槽を設ける場合がある。しかし、調整槽内壁などの試料に接する部分は汚れが付きやすいため、常に清掃をしなければならない。特に暑い地域ではプランクトンや藻類の発生が頻繁であり、清掃しない場合、正しい測定が出来ないばかりか、測定そのものの欠測を招きかねない。また、土砂など浮遊性物質や濁りの激しい試料も測定系そのものの配管を詰まらせてしまう場合があるため、測定系に入り込まないような工夫が必要となる。

主な自動測定装置を表 3-2-4 に示す。

表 3-2-4　主な自動計測装置

| 項目 | 品名 | 方式 | 原理及び特徴 |
|---|---|---|---|
| pH | 工業用 pH 計 | ガラス電極法 | 用途に応じ各種電極有り(流通形、浸漬型、チップ式など)。白金電極等に交換することで ORP(酸化還元電位)測定も可（±2,000mV）など |
| 溶存酸素（DO） | 隔膜式溶存酸素計 | ガルバニ電池式 | 残余電流が低い。流速が一定以上必要。流速の影響が少ない電極もある。隔膜の交換などが必要であるが、比較的安価で寿命が長い。 |
| | | ポーラログラフ式 | 基本的にガルバニ電池式と同じ。 |

| | 蛍光式溶存酸素計 | 蛍光式 | 流速の影響を受けない。亜硫酸ガスなどの妨害の影響を受けにくい。メンテナンス性に優れているが、価格はやや高めである。 |
|---|---|---|---|
| 電気伝導度 | 電極式伝導率計 | 2 極電極式 | 溶液の抵抗を測定する。2 極式と 4 極式があり、4 極式の方が汚れに強い。イオン性物質の量に依存し、変化状況を観測することで溶液の管理が可能である。pH 同様、浸漬型がほとんどであるが、流通形なども多く使用されている。構造は比較的単純ではあるが、温度の影響を強く受けるため、補正が必要となる。また、電極表面が汚れてくると測定値が変わるためにセルの洗浄が必要となる。 |
| | 電磁式伝導率計 | 電磁式 | 比較的高濃度の測定に使用される。電極は直接接触しないために比較的汚れに強い。低濃度領域の測定には不向きである。 |
| 濁度/SS | 透過式濁度計 | 透過光式 | 透過光の割合を見る方式で、吸光光度計を兼ねるものが多い、着色やセルの汚れの影響を受けやすい。色の影響がないきれいな溶液や、色の影響を無視できる MLSS 計としても使用される。 |
| | 透過・散乱式濁度計 | 透過・散乱式 | 投光された光が粒子にあたって散乱をし、これから得られた信号と、透過光から得られる信号を演算し求める。色やセルの汚れの影響を受けにくい。入射光に対する散乱光の確度によって、90°散乱などの方式がある。散乱は粒子の大きさや形状に依存するが、90°散乱が影響を受けにくい。高濃度領域であるMLSS 計としても使用される。 |
| | 表面散乱式濁度計 | 表面散乱式 | 試料表面の散乱光の強度を測定する。セル窓がないために、セルの汚れを気にする必要はない。また、試料の色の影響も小さい。試料をくみ上げて測定するものがほとんどで、気泡の影響を避ける対策がされているものが多い。 |
| | 積分球式濁度計 | 積分球式 | 試料を通った透過光及び散乱光はセルのあとに配置された積分球に集められ測定される。透過・散乱方式の一種である。 |
| 有機汚濁 | COD 計(Mn 法) | 酸性(アルカリ性)/滴定方式 | JIS K0102 に記載されている方法に沿って測定される。シーケンスに基づき、時間によって、サンプリング、試薬投入、加熱酸化、冷却、試薬投入、滴定が行われる。滴定は試薬によるもの、電量滴定によるものがあり、滴定終点は ORP の変化によって検出される。また、加熱酸化は一般的に酸性下で行われるが、塩分濃度が高い海水などはアルカリ性下で行われる。 |
| | | 酸性(アルカリ性)/光検出方式 | 加熱酸化までは同様であるが、定量を消費された酸化剤の減少量変化に伴う色の減光割合で見る。クロム酸法によく見られる。 |
| | | 流れ分析方式 | 試薬添加、加熱酸化、定量を流れの中で行う。検出は色の変化で行うことが多い。 |
| | COD 計(Cr 法) | 酸性還流加熱滴定方式 | シーケンスに基づき、サンプリング、試薬投入、加熱酸化、冷却、滴定が自動で行われる。加熱時間が長いために水分の損失を防ぐ目的で還流管をつけるのが一般的である。残留するクロム酸イオンを試薬による滴定で測定し、COD 値とする。 |
| | | 酸性還流加熱光検出方式 | シーケンスに基づき、加熱酸化、冷却までは同じであるが、残留するクロム酸の濃度を一定波長の吸収度合いで測定する。 |
| | UV 計 | UV 方式 | 有機物は紫外部に吸収を持つことから、254nm 付近の吸光を測定する。完全連続として測定できるが、COD と異なるため、両者間での相関を取り、適合性を判断する必要がある。 |
| | TOC 計 | 燃焼式 TOC 計 | 燃焼炉にて加熱分解（酸化）し、試料中の化合物の炭素を $CO_2$ に変換する。発生した $CO_2$ を赤外分光検出器にて測定する。別個に無機炭酸のみを測定し、両者から有機炭酸量を算出し、炭素量として表示する。 |

| | | 酸化試薬分解式TOC | 簡易計測などに利用される。過硫酸ナトリウムなどの強い酸化剤により、加熱分解をし、発生した炭酸による pH 変化などを指示薬の色変化によって測定する、簡単な設備で使用が可能であるが、酸化力が劣るため、分解のしにくい物質もある。 |
|---|---|---|---|
| 全りん・全窒素 | 全窒素計 | アルカリ性過硫酸分解紫外吸光式 | アルカリ性過硫酸ナトリウムなどの酸化剤によって加熱分解をし、生成した硝酸イオンを測定する。加熱温度を下げるため、光触媒などを併用することもある。測定は硝酸イオンの吸収がある 220 nm 付近を使用するが、臭化物やヨウ化物も吸収があるために、海水の測定はできない。 |
| 全りん・全窒素 | 全窒素計 | アルカリ性過硫酸分解発色式 | アルカリ性過硫酸ナトリウムなどの酸化剤によって加熱分解をし、生成した硝酸イオンを測定する。加熱温度を下げるため、光触媒などを併用することもある。測定は硝酸イオンを還元剤などで亜硝酸イオンに変換した後に試薬を加えて発色させ測定をする。試薬の種類が多くなるために、簡易分析や流れ分析法などに使用されている。 |
| 全りん・全窒素 | 全窒素計 | 接触分解－化学発光法 | 燃焼炉を利用し、高温下で接触分解をし、発生した窒素酸化物にオゾンを作用させ、生成物が安定状態に変わるときに発光する強度を測定する。塩分などの影響はほとんどないが、価格は高価なものとなる。分解がほぼ 100%であり、理論値に近い値が算出される。 |
| 全りん・全窒素 | 全りん計 | 酸性化硫酸分解モリブデンブルー発色法 | 酸性過硫酸ナトリウムなどの酸化剤によって加熱分解をし、生成したりん酸イオンを測定する。加熱温度を下げるため、光触媒などを併用することもある。モリブデン酸や還元剤を加え、青色に発色させた後にその吸光度を測定する。JIS K0102 に定められた方法と非常に近い方法をとっており、ほとんどがこの方式となる。 |
| 硝酸イオン | UV 式硝酸計 | UV 方式 | 220 nm 付近の吸光度を測定し、硝酸イオン濃度に換算する。亜硝酸イオンや有機物なども吸収を持つため、適合性を見る必要がある。センサーは浸漬型であり、連続測定が可能である。 |
| 硝酸イオン | 発色式硝酸計 | 発色式 | 硝酸イオンを試薬により発色又は亜硝酸イオンに還元した後に発色試薬により発色させる方法である。くみ上げ方式と成り、試薬の補充が必要となる。簡易計測はほとんどがこの方法である。ボール状の容器に内蔵させオンラインで測定する装置もある。 |
| 硝酸イオン | 電極式硝酸計 | 液膜電極式 | 液膜電極を利用し、試料濃度に応じて応答する電位を測定する。くみ上げ方式、浸漬式両方ともあるが、浸漬式が多くなってきている。維持管理は比較的簡単であるが、電極寿命が短い。また、妨害物質も多いため、あらかじめ資料の適応性を調べるのが望ましい。 |
| アンモニア | 電極式アンモニア計 | 液膜電極式 | 液膜形のアンモニア電極を利用する。浸漬型が多い。カリウムなどの妨害物質もあり、あらかじめ妨害に関する検討が必要である。妨害物質を測定することで、自動補正するものもある。電極の寿命は短いのでセンサーの交換が定期的に必要である。 |
| アンモニア | 電極式アンモニア計 | 隔膜電極式 | 隔膜形のアンモニア電極を使用する。くみ上げ方式又は簡易方式で使用される。試料に緩衝液を混合し、一定の pH とした後に発生するアンモニア量を測定する。くみ上げ式のため、調整槽、pH 混合槽などが必要となる。 |
| アンモニア | 発色式アンモニア計 | 発色式 | 発色試薬を混合し、発色したアンモニア化合物の光強度を測定する。浸漬型はなく、ほとんどがくみ上げ式となる。一定量で計量された試料に試薬を混合し、測定する。バッチ式と流れ分析式がある。試薬の調製の他、送液チューブなど一定の期間ごとに交換部品が必要となる。 |

| りん酸 | 発色式りん酸計 | 発色式 | 発色試薬を混合し、発色したりん化合物の光強度を測定する。浸漬型はなく、ほとんどがくみ上げ式となる。一定量で計量された試料に試薬を混合し、測定する。バッチ式と流れ分析式がある。試薬の調製の他、送液チューブなど一定の期間ごとに交換部品が必要となる。 |
|---|---|---|---|
| 汚泥界面 | 固定式汚泥界面計 | 電極式又は光学式 | 一定の所にセンサーを設置し、センサーが一定の信号を出す時点を測定する。MLSS 等の測定と同じ方式となる。界面を見るためにセンサーを機械的に上下するものもある。センサーの汚れがあるため、一定間隔でのメンテナンスが必要である。 |
| | 移動式汚泥界面計 | 音波式 | 水面上部より音波を発信し、反射をして返る音波の時間によって水面からの距離を測定する。位相のずれなどを見ることで汚泥の堅さによる判別が可能となる。センサーが物理的に強いためにブラシ洗浄などの手段が行われる。浮遊物あるいは逆転層の影響を受けるために、注意が必要である。 |

### 1）インライン測定

（ｉ）装置の構成

基本的に試料に直接浸漬することが可能なセンサー（測定部、感応部）、変換器、センサーを取り付ける保持器から構成される。また、状況に応じて保守期間の短縮のためにセンサーを自動的に洗浄する洗浄器や、センサーからの信号を中継する中継器などが付加される。

a）センサー部

センサー部では試料中の対象成分に感応し、濃度に応じた信号を得る。ここに使用される主なセンサーには、電極と呼ばれる電気化学センサーや光学的原理を応用した光センサーがある。使用されるほとんどのセンサーが試料水に直接浸漬が可能なもので、ある程度の水圧に耐えうる構造となっている。センサーからの信号はケーブルを通して変換器へと送られる。光検出センサーでは汚れがセル窓に付着することを防止するために、ワイパー機構などを備えているものもある。センサー部の清掃は付加装置としての自動洗浄機構の他、定期的にセンサーを引き上げての手動洗浄となる。

b）変換器

センサー部からの信号を増幅し、表示・電送などを行う。計測結果の表示・電送のみでなく、異常値の警報や装置の異常警報、あるいは外部の機器を制御するためのリレー回路などが組み込まれるものもある。

電送は通常、4-20mA、0-20mA、0-1V などのアナログ出力が装備されているが、最近では RS-232 や RS-485 などのデジタル出力を有する装置もある。変換器は野外に設置することも多いため、防滴構造や防水構造、耐塵構造をとるものもある。

c）保持器

センサーを試料槽又は試料流路に固定するもので、使用の目的に応じて様々なものがある。パイプの先端にセンサーを固定するタイプ、フロート式のタイプ、フランジタイプなど、使用条件によって様々なもの物が選択される。

（ⅱ）装置の維持管理

測定機器の稼働率を上げ、正しい測定値が得られるように測定を続けていくためには、

保守などの維持管理が不可欠である。保守を行う場合はセンサーを試料槽などから引き上げ、センサー部の洗浄を行うが、時間の経過とともに必要に応じてセンサー自体の交換、標準液による校正なども行う。校正によって測定値が正しいことが確認できたならば，再度センサー部を設置し直す。測定項目によっては安定するまでに時間がかかるものもあるので、実際の運用には充分に注意をする必要がある。保守間隔は定期的に行うこととなるが、試料の性状によって汚れの付着などの状態の変化が大きく異なるために、状況に応じて間隔を定める。保守に関しての標準手順を定め、その中で行うべき項目と正常の判断基準を定めておく。

### 2) オンライン測定

（ｉ）装置の構成

オンライン測定の場合に、試料に試薬などを加えて試料を化学的に変化させ測定するものと、試薬などを加えず試料を直接測定するものとがある。

測定の条件として、試料が測定部に送り込まれることが前提となるが、試料が測定装置まで到達しない場合は強制的に試料を採取するためのポンプが別途必要となる。また、試料によってはろ過が必要な場合があるため、自動ろ過器などを付加することもある。試料を安定的に測定機器に供給されるために、受水槽（調整槽）などが設けていることもある。余分な試料に関しては排水又は再度試料槽に戻されるが、測定に使用した試料に関しては、排水又は廃液タンクに保存した後に適正な処理がなされて排出される。

a）測定部

測定部は、試料中の対象成分を測定する部分である。濁度計のように試料を直接測定する場合は、測定槽、センサー、及び試料の入出口から構成される。通常は連続的に流れてくる試料が測定槽に入り、槽内に設置されたセンサーで測定された後にオーバーフローで排出される。

試料に試薬などを加え化学的に変化をさせて測定する場合は、測定部の他に計量部、反応部、試薬などを反応部に送る送液部と試薬タンク及び廃液タンクなどで構成される。また、加熱が必要な場合、反応部に温度制御機能を備えたものもある。計量はポンプ流量をコントロールして定量送液する場合や、シリンジなどで使用して計量する場合などがある。また、いくつかの流路系を組み合わせるために、混合ジョイントや電磁バルブなどが使用されることが多い。

b）変換・表示部

センサーからの信号を受け、濃度変換等を行って表示または出力する。装置の校正、アラーム信号等の設定はこの部分で行う。外部へは一般的に 4～20mA または 0～1V のアナログ信号で伝送されるが、最近では RS232、RS485 などのデジタル出力に対応したものもある。アラームなどの警報信号も出力できるほか、リレー回路を利用した周辺機器のコントロールなどができるものもある。

（ⅱ）装置の維持管理

自動計測器は長期間の無人運転が要求される。従って、長期間、正しい測定値を得るた

めには保守など維持管理が不可欠である。保守などの点検周期は対象となる機器によって異なるが、測定項目によって日に１回、週に１回、月に１回、半年に１回、年１回のように周期が異なる。

このため、維持管理表を定め、標準操作手順によって保守作業を定める必要がある。維持管理周期や内容に関しては測定試料の性状によって異なるために、状況を見極め、設置場所ごとに定める必要がある。保守内容は装置によって異なるが、主としてセンサー部あるいは測定部の汚れ除去・洗浄・校正、試薬を使用する場合は試薬の交換・補充、試料フィルター等の交換がある。また、データの有効性を判断するために、再現性や基準測定方法との比較などを行い、性能の妥当性を判断し記録する必要がある。

表 3-2-5 に自動 pH 測定装置の保守点検の例を示す。

表 3-2-5　自動 pH 測定装置の保守点検の一例

| 保守点検事項 | | | 内容 | 保守点検周期 | | | | 実施方法 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 始動時 | 週 | 1～3ヶ月 | 6～12ヶ月 | |
| 変換器 | ゼロ点の確認 | | ゼロ点、感度、出力が正常なこと | | | | ○ | 模擬入力を入力し、出力電流を確認する |
| | 感度・出力の確認 | | | | | | ○ | |
| 電極 | ガラス | 汚れ<br>起電力 | 洗浄・交換 | <br>○ | ○ | | ○ | |
| | 比較 | KCl 流出量 | KCl 液の補給<br>洗浄 | ○ | ○<br>○ | ○ | | |
| | 温度補償 | 汚れ | 洗浄 | | ○ | | | |
| 校正 | ゼロ校正 | | ゼロ点がずれていないこと | ○ | ○ | | | ｐＨ７標準液により実施 |
| | スパン校正 | | スパンがずれていないこと | ○ | ○ | | | ｐＨ４標準液により実施 |

### (3) 精密測定装置

精密測定装置は高感度で高精度の分析に使用され、専門的な知識と熟練を必要とする。環境関連では従来、有害金属を中心とした無機物質の測定が主であったが、様々な有機物質が使用されるようになってからは微量有害有機物質の測定も急速に増加してきている。

無機物質の測定では、イオン成分の測定にイオンクロマトグラフィーや吸光光度計が主に使用されている。また、有害金属測定では原子吸光や誘導結合プラズマ発光分析装置（ICP)、吸光光度計が使用される。有機物質では主に分離分析手法が使用され、高速液体クロマトグラフ（HPLC）やガスクロマトグラフ（GC）などが多用されている。最近では高感度高分解を目的として、質量分析計を検出器として用いた液体クロマトグラフ質量分析装置（LC/MS）やガスクロマグラフ質量分析装置（GC/MS）などが使用されるようになってきた。これらの機器に関しては分析化学の知見を有する者、あるいは高度のオペレータが必要であるため、分析センターや各研究所などで主として使われている。

### 3-2-2　主な測定項目の測定技術

#### (1) 測定機器の選択・使用とその考え方

まず、なぜ測定をする必要があるかを明確にすることである。測定の目的が、排水の監視なのか、排水処理設備の効率を維持するためなのか、あるいは各工程の管理なのかなどを明確にする。明確することで、分析の項目と方法、機器の選択、採取場所や採取時間の設定などが可能となる。最終排水の水質データを公的機関に報告するための場合は、KAN や ISO 等の認証を得た分析室による分析値であることの証明書を添付する必要がある。このため、自社でできない場合は外部へ委託することになり、一定のコストが発生する。しかし、届け出を必要としない所では分析方法や機器に指定がなく、独自に定める事ができる。このとき、導入する分析機器が必要とする精度と感度を満たしているか、操作難度が社内で消化できるか、コストに合う効果があるかなどを考慮する必要がある。

導入された分析機器は試料性状に合わせて、それぞれ標準操作手順（SOP）を作成し、それに基づいた操作訓練が必要となる。公定認証分析室では SOP を備えることが条件となっており、KAN などが認証する環境ラボでは、SNI 公定分析法（JIS のような規格書）の最新版を備える事が推奨されている。粗パーム油製造工場においても、導入した機器のメーカーの協力を得ながら、SOP の作成と実務担当者の訓練を受けるのが良い。

#### (2) 試料採取と試料の保管

排水試料の採取は、最終排水口で行うことが望ましい。様々な排水口が集まる場合は、関などを設けて混合した後の最終排水口で採取する。

採取時間は通常操業時に一度 1 時間おきに測定をし、最も数値が高くなる時間帯に合わせ日常の採取時間とすると良い。

採取試料は、できるだけ速やかに分析をすることが望ましい。採取はポリエチレン瓶などで行う。この場合、瓶からの汚染を防ぐために、数回試料で共洗いをし、瓶に空気層が残らないように口一杯まで試料を入れ、ふたをする。このとき、採取場所、採取時間、水温、試料番号などを記録する、

採取試料を保管するためには、原則として直接日光が当たらない冷暗所にて保管する。また、項目によっては、保存処理を施してから冷暗所で保管する。分析を終えた試料は再試験に備え、一部を保管し、あとは速やかに処分する。

工場排水に関しては SNI 6989.59:2008 に従うと良い。

#### (3) 流量の測定

工場から流れる水質汚濁物質の環境への影響は、排出される排水の水量と密接な関係がある。すなわち水質汚濁物質濃度が同じであっても、排水量が多くなるほど環境への負荷量も大きくなる。このため流量は、毎日測定しなければならない。法令では排水流量の測定と報告の義務は記載されている。河川・開水路の流量測定にはプロペラ法（SNI 03-2819-1992）、浮子法（SNI 03-2820-1992）などがあるが、工場排水流量の測定方法は特に SNI の記載がない。日本では開水路の測定としてせき式やフリューム式、流量計式などが用いられている。主なものを表 3-2-6 に示す。

表 3-2-6　流量計（開水路用）

| 方式 | せき式 | フリューム式 | 流量計式 |
|---|---|---|---|
| 使用計器 | 三角せき、四角せき、全幅せき及び水位計 | パーシャルフリューム及び水位計 | 流速計及び水位計 |
| 原理 | 水路の途中にせき板を設け、せきを溢(いつ)流する水の上流側の水位を測定する | 水路の一部を絞り、その上流側の水位を測定する。 | 水路各部の流速と水位を測定し、両者を演算して流量を求める。 |
| 測定範囲 | およそ 0.002～10m³/s | およそ 0.002～2.5 m³/s | 任意（大流量用） |
| 水位損失 | 大きい(300～600 mm 程度) | 小さい(水頭の 30%程度、一般に 200mm 以下) | ほとんどない |
| 必要な直線水路の長さ | 上流側：せき幅の 4～5 倍 | 上流側：スロート幅の約 10 倍 | 水路幅の約 10 倍 |
| 固形物の影響 | かなりある（上流側に堆積） | 余りない | 余りない |
| 精度の目安 | ±4%程度 | ±4 | 使用計器及び設置条件による |

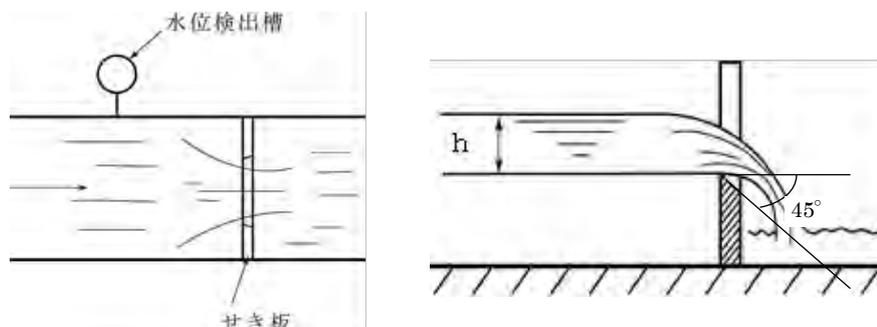



図 3-2-1　せき式流量計の一例

全幅せき式の場合の流量 Q の計算方法は次の通り。

$$Q = K \times B \times h^{3/2} \times 60$$

Q ：流量（m³/h）
K ：水路幅、せきの高さなどによって定められる定数
h ：せき水頭（全幅せきの場合は上縁からの越流水深）(m)
B ：水路幅（m）

この他にも、流速水位式排水流路計、電磁式排水流路計、ペリチェ管式排水流路計、プロペラ式排水流路計などが使用されている。

### (4) 有機汚濁物質の測定方法

有機汚濁物質は、河川の植物や微生物にとって栄養源であり、河川の自浄作用の能力以上の汚濁物質が河川に排出されれば、微生物等の大量発生を引き起こす。このため、有機汚濁物質の監視は重要な要素となる。有機汚濁物質の指標として、いくつかの方法が使用されている。微生物が有機物質を消費・分解する際には水中の酸素を消費するが、この原

理を応用したのが生物化学的酸素要求量（BOD）指標である。BOD は、微生物が有機汚濁物質を分解する際の溶存酸素の消費量から求める（SNI 6989.72:2009)。測定手順を下記に示す。

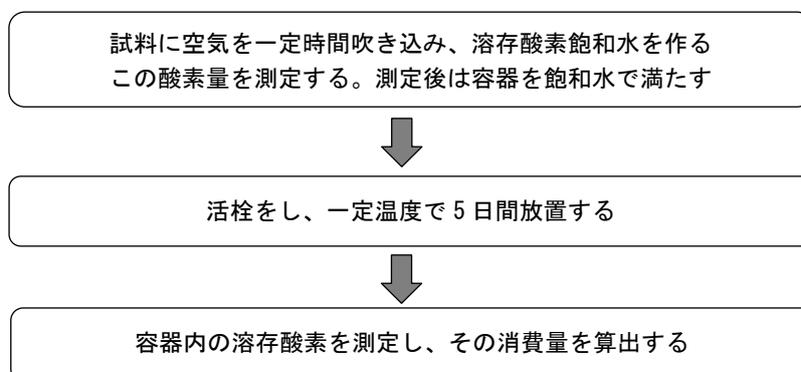



図 3-2-2　BOD 測定の流れ

しかし、この方法は結果が出るまでに 5 日以上を要するために、日々変化する試料には対応できない。そこで、化学的酸素要求量（COD）が指標として用いられる。COD は酸化剤を加えて有機汚濁物質を化学的に分解し、その時に要した酸化剤の量から消費酸素量に換算して求められる。酸化剤にクロム酸塩を使用するクロム法（$COD_{Cr}$）（SNI 6989.2:2009）と過マンガン酸塩を使用するマンガン法（$COD_{Mn}$）（SNI 06-6989.22-2004）が有るが、日本等一部の国を除き、酸化・分解力の強いクロム法（$COD_{Cr}$）を用いる。

$COD_{Cr}$ の分析手順を下記に示す。

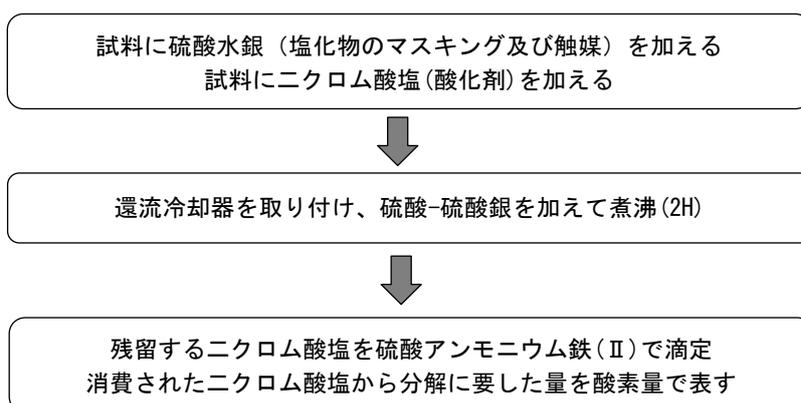



図 3-2-3　$COD_{Cr}$ 測定の流れ

簡易計では試薬の入った専用試験管に一定量の試料を入れ、ふたを閉めて専用の加熱器で一定時間加熱したあとに冷却をし、吸光光度計で残留した二クロム酸塩の濃度を測定する方法がとられる。

有機汚濁物質の測定方法は、この他にも全有機炭素（TOC）や有機物の紫外吸収を見る UV 法などがあるが、公定法ではないために、公定法との相関をとって COD などの代替

えとして使用されることが多い。特に、UV 法は連続モニタリングが可能なことから、排水のオンライン測定に用いられる。公定法と異なる方法を使う場合は、数十試料について測定値の比較をし、相関性を判断して導入するのが望ましい。

### (5) 窒素成分の測定

窒素成分は有機汚濁物質と同様に、水中生物の栄養源となる。河川などの環境水中に窒素成分が多い場合は、栄養過多となる富栄養現象を引き起こし、アオコや赤潮などの微生物の大量発生が起きる。一般に安定に存在している窒素形態は、有機性窒素、アンモニア性窒素、硝酸性窒素などで有るが、空中の酸素と水中微生物の作用で有機窒素→アンモニア性窒素→亜硝酸性窒素→硝酸性窒素と変化をする。

窒素の測定方法は有機性窒素（SNI 06-6989.52-2005）、アンモニア性窒素（SNI 06-6989.30-2005）、硝酸性窒素（SNI 6989.74:2009）をそれぞれ測定し、窒素換算した測定値を加算することで総窒素量を測定する。有機性窒素はケルダール分解をした後に、分解生成物であるアンモニアを測定する。この分解方法では元々存在していたアンモニアは分解過程で消失するために、別途、アンモニア性窒素の測定を行う。アンモニア性窒素及び硝酸性窒素は発色試薬を加え、生じた化合物の色を吸光光度計で測定する。簡易測定器もおおむね公定法と同じ原理で測定するが、公定法に比べて操作方法などが簡単になっている。図 4-2-4 にアンモニアの簡易分析手順例を示す。簡易分析では測定セル内でパッケージされた試薬等を入れ専用のソフトが入った機器にかけるだけで濃度の直読が出来る。

手順は多少異なるが、公定法においてもほぼ同じ原理を使用しており、両者間の値の差はほとんどない。

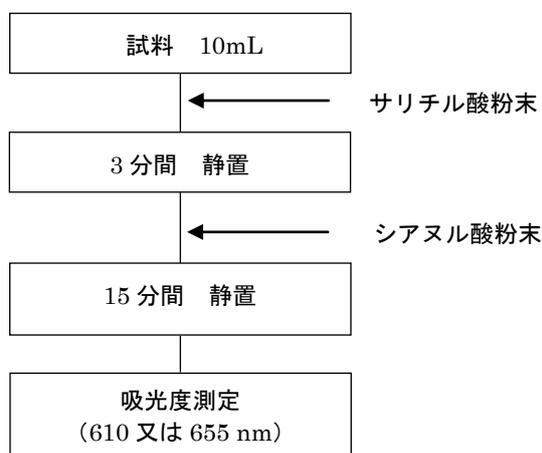



図 3-2-4　サリチル酸法（インドフェノール青）によるアンモニアの簡易分析の例

### (6) pH 測定

pH は主要な指標の一つであり、排水処理においても重要な項目である。pH7 を中性とし、これより低い値を酸性、高い値をアルカリ性と称している。酸性溶液は金属を溶かす性質を持ち、アルカリ溶液はタンパク質を溶かす性質を持つ。また、水中の微生物は適正 pH 範囲でしか生息・増殖しない。このため、微生物を使用した排水処理には pH 測定や制御が重要な項目となる。

測定方法はガラス電極法（SNI 06-6989.11-2004）が使用され、その場でも簡単に測定ができるほか、自動連続モニタリングも可能である。測定はガラス電極及び比較電極を試料中に浸漬するのみであるが、日常、正確な pH 値を得るためには標準校正などのメンテナンスが必要となる。

pH 電極は 1pH の起電力が 25℃で 59.16mV、pH7 において電位が 0 mV になるように調製されている。また、pH に比例して起電力が変化するため、電極の直線性及び pH7 付近の電位を調整する。あらかじめ pH 値がわかっている液（標準液）を使用して、pH7 付近及び 1pH に対する傾きを調整する必要がある（標準校正)。その他 1 ヶ月から 3 ヶ月に一度は性能のチェックを行うのが望ましい。また、比較電極の先端部分（液絡部、ジャンクション）から KCl などの内部液がわずかずつ流出する必要があり、内部液の補充なども必要となる。

### (7) 溶存酸素計測定

溶存酸素は水中に溶け込んでいる酸素の量であり、生物の呼吸に不可欠な項目である。排水処理施設では pH 同様、重要な測定項目であり、これをコントロールすることで効率的な排水処理が可能となる。水質においては環境の重要指標の一つである。河川等が汚れてくると、微生物などが増え、水中の溶存酸素は小さくなる。溶存酸素濃度は 25℃では飽和状態で 8.11 mg/L であり、温度が低いと高く、温度が高いと低くなる。溶存酸素は空気にさらすと徐々に変化をするため、採取地点で測定するかまたは採取地点で試薬によって固定化することが必要となる。

測定方法は滴定を使用するアジ化ナトリウム変法（SNI 06-6989.14-2004）または電極法（SNI 06-2425-1991）を用いる。

電極法ではその場で測定が可能なポータブル型や連続自動測定が可能な機器がある。電極法は通常隔膜を通過した水中酸素を測定するために、隔膜式と呼ばれている。この隔膜は汚れやすいために、一定間隔で洗浄や交換が必要となる。電極内部には電解液が入っており、これも時々交換する必要がある。電極の校正は飽和水と亜硫酸ナトリウム溶液を用いたゼロ液で行うが、飽和水の代わりに空気(大気)、ゼロ点は電気的ゼロ点を用いることがある。

### (8) TSS の測定

TSS は試料を濾過したときに濾紙上に残る粒子状物質の量で、通常、重量法（SNI 06-6989.11-2004）が使用される。自動的には測定が難しいために、水中に存在する粒子に注目する濁度が代わりに用いられることが多い。濁度の測定は光の透過または散乱を利用する方法を用い、連続自動測定も行われている。水中の粒子は光を様々な方向へ散乱させる。粒子の大きさや形状によって散乱する方向は異なるが、入光から 90 度方向への散乱を測定するのが、比較的様々な影響が少なくなる。濁度計では重要なのは光の経路の汚れ、例えば窓の汚れがないことであり、セル窓の洗浄などが必要となる。

### (9) その他の分析

パーム油工場で重要な分析の一つに油分の測定がある。油分は有機溶媒に抽出し、その

後有機溶媒を除去したあとの残留物を見るか、あるいは赤外分光光度計などによって直接測定するかの方法がある。いずれも有機溶媒を使用するために注意が必要である。公定法として鉱物油または植物油　SNI 6989.10:2011、油分　SNI 06-6989.10-2004 、ノルマルヘキサン抽出物　SNI 06-2502.1991 などの方法が決められている。

### 3-2-3　記録・報告

測定した値は、測定時の条件と共に記録として残しておく必要がある。記録は 1 年以上保管することが望ましい。記録は試料の採取日と採取時間、採取量、天候、水温、採取をした人の名前と確認サイン、分析(測定)日、分析者名とサイン、測定値、備考などを記入し、最終的には責任者のサインをもらう。また、試料採取から測定、記録までの手順を標準化し、文書にまとめておく必要がある（SOP の作成）。

管理者は測定された値についてプロットし、測定が安定しているかどうかを見る必要がある。管理値は上限値と下限値を定めておき、これから外れていないかどうかを常に監視する。外れている場合は異常であり、何らかの原因で引き起こされた可能性が高いことから、その原因を調べ、改善しなければならない。図 3-2-5 に X-R 管理図を示す。コントロールの目標値に対して警報線を設定し、測定が常に範囲内であることを確認する必要がある。

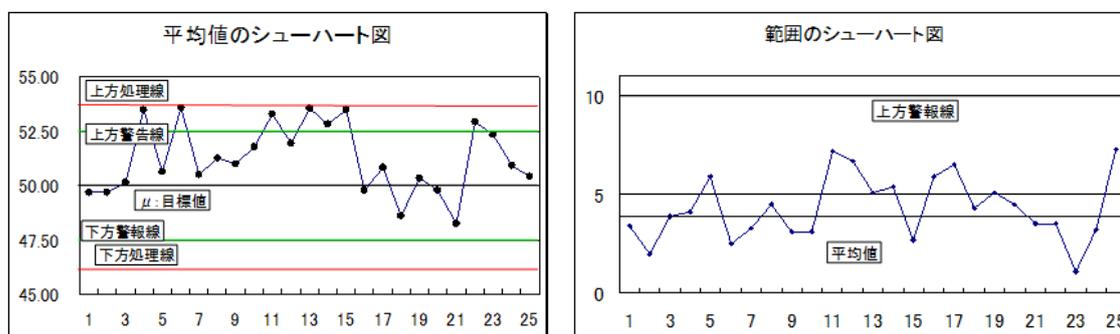



図 3-2-5　X-R 管理図によるデータの管理

機器分析などでは定期的に測定の正確さをチェックする必要がある。既知濃度の液（標準液）を使用して、再現性や精度などのチェックをする。また、同時に機器を最良の状態に維持しておく必要があり、メンテナンスをしっかり行うことも重要である。

これらのことを着実にこなし、操作員間の相違を生まないためには前述した SOP を定め、またこれに基づいた教育訓練を行うことが重要となる。また、分析には薬品の取り扱いがあるために、ある程度の科学的な知識も必要となる。

### 3-3　環境組織／環境管理体制の整備

#### 3-3-1　環境管理組織の設置

##### (1)環境管理のための組織の重要性

工場内の環境管理のためには、組織として取り組むことが重要であり、組織の実効性を発揮するためには、組織を環境管理の総責任者、環境管理の専門技術者、環境管理施設の運転担当者から構成する必要がある。インドネシアでは、すでに、西ジャワ州において環境汚染防止管理者（EPCM：Environmental Pollution Control Manager）制度が構築され、約 1,000 名の技術者が EPCM の資格を取得し、それぞれの工場内で環境管理の実効を上げている。また、この制度は、中央政府の支持を得て、全国に普及されようとしている。ここでは、環境管理のための有効な手法の一つとして、西ジャワ州の取組・経緯を含めて紹介し、環境管理組織の設置のための検討材料とする。

##### (2)西ジャワ州の環境汚染防止管理者(EPCM)制度

##### ① 制度の目的及び制度構築の経緯

西ジャワ州ではバンドン市内からジャカルタ市の東部を流域とするチタルム川の周辺に多くの繊維工場が立地し、これらの工場から流れ込む排水による環境汚染が大きな問題となっていた。一方で、チタルム川をきれいな川に戻そうという運動も盛り上がっており、西ジャワ州政府やバンドン県政府も水質汚濁の解決を大きな課題としていた。このような状況のもと、2002 年、日本政府及び西ジャワ州がバンドンにおいて開催した水質汚濁に関するセミナーにおいて、日本の公害防止管理者制度や日本の協力で制度構築が進められていたタイ国の環境スーパバイザ制度が紹介された。

西ジャワ州はチタルム川環境修復のマスタープランの作成を始めるとともに、国土が広大なこと、地方分権制度が確立されていること、産業が偏在していることなどの理由で、日本の制度を参考にした環境汚染防止管理者制度（EPCM 制度）を同州の水質汚濁対策を対象として検討することとした。2004 年、州は 21 業種の工場に、環境汚染の発生を予測し、その防止戦略を事前に検討し、環境汚染防止活動に努めるとともに、緊急時対策を行うことを具体的な目的として、資格所有者で構成する環境汚染防止体制の整備を促進し、企業における環境管理能力の向上のために、環境汚染防止管理者（EPCM）で構成される環境管理組織の設置を義務付ける新たな条例を制定した。

この条例では、将来的には、大気関係、有害廃棄物関係、騒音･振動関係についての EPCM を置くこととするが、当初は水質関係の EPCM 制度の構築について西ジャワ州環境保護局がその制度の詳細を検討することとなった。このような状況を西ジャワ州の関係者に周知するために、日本の制度を紹介するセミナーや EPCM 制度の詳細を検討するワークショップが数回開催された。この間、タイ国で開催された ASEAN 地域環境汚染防止管理者制度ワークショップにも同州インドネシアから 4 名の参加者があり、制度に関して理解を深めていった。また、州政府は、本制度を管理するために、知事令に基づき、環境保護局長、商業工業局長、書記局法務支局長、書記局社会福祉支局長、書記局

経済基盤支局長、繊維協会西ジャワ支部副会長、市民団体代表で構成される EPCM 制度監視委員会を設置した。

### ② 環境管理組織を設置しなければならない工場

対象となる工場は、表 3-3-1 に示しように、繊維工業、化学工業、食品工業、紙パルプ工業、金属工業などの 21 業種の工場で、排水量 400 t/日以上の工場である。ただし、排水に有害物質を含まない場合、排水量 400 t/日以下の工場は対象とならない。対象となる工場は、明確な職務及び責任を有する人材の配置、環境汚染防止管理組織の設置、西ジャワ州環境保護局への登録、法に基づく活動が義務付けられ、適切な組織を設置し、機能しているかを監視される。

表 3-3-1　環境管理組織の設置義務を有する 21 業種

| | |
|---|---|
| 1)苛性ソーダ製造業 | 11)エタノール製造業 |
| 2)金属めっき工業 | 12)グルタミン酸ソーダ(MSG)製造業 |
| 3)皮革なめし業 | 13)合板製造業 |
| 4)ヤシ油製造業 | 14)ミルク製造業(乳製品飲料,食品製造を含む) |
| 5)パルプ,製紙工業 | 15)清涼飲料水製造業 |
| 6)ゴム製造業 | 16)石鹸,洗剤,植物油加工製品の製造業 |
| 7)製糖業 | 17)ビール製造業 |
| 8)タピオカ製造業 | 18)乾電池製造業 |
| 9)繊維工業 | 19)塗料製造業 |
| 10)尿素/窒素肥料製造業 | 20)薬品製造業 |
| | 21)殺虫剤製造業 |

### ③ 環境管理組織

環境管理組織は、図3-3-1に示したように、環境管理責任者、環境管理者（EPCM）、オペレータから構成される。

環境管理組織の主な目的は、有資格者を配置し環境汚染防止管理業務を促進すること、環境汚染防止能力の継続的な増進を図ること、専門家としての責任を強化すること、専門的な知識を普及することである。

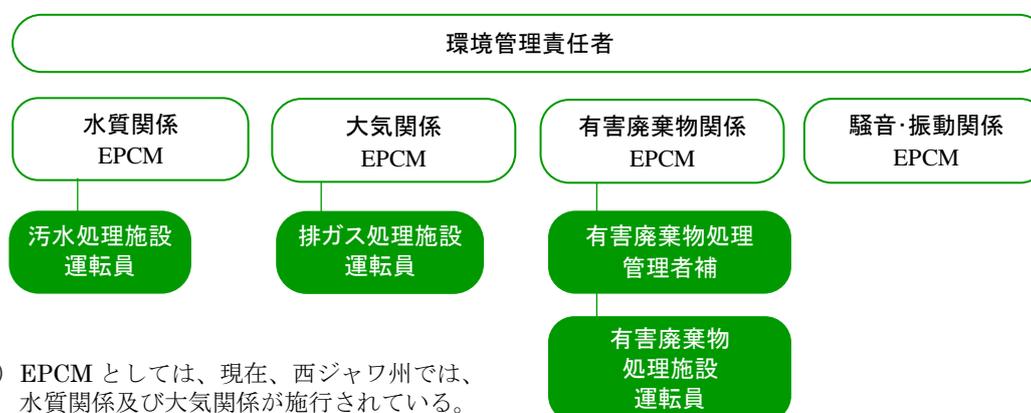



図 3-3-1　EPCM で構成される環境管理汚染防止組織

環境汚染防止管理者としては、前述のように、水質、大気、有害廃棄物、騒音･振動関係の 4 種類が考えられているが、2013 年現在では、水質関係及び大気関係のみが施行されている。各環境汚染防止管理の担当者の資格については、環境汚染防止管理責任者は工場長相当とされるが、一定の研修を受講しなければならない。オペレータは、一定の研修を修了するか、職業能力証明が必要となる。

### ④ 資格取得方法

EPCM の資格を取得するためには､第 3-3-2 図に示したような手順を踏む必要がある。すなわち、基本条件として、高等専門学校（3 年履修）以上の環境関係学科卒かつ 2 年以上の就業歴があれば、認証機関であるインドネシア環境衛生専門家協会（IATPI）が実施する国家試験を、直接、受験することができる。基本条件を満たしていなければ、基礎研修を修了し、受験する。基礎研修は、基準に合った研修内容を有し、IATPI に登録された研修機関が実施する。研修機関としては、現在、バンドン工科大学、バンドン国立大学、パスンダン大学、繊維大学校、バンドン高等専門学校、工業材料・設備センター、セルロースセンターが登録されている。

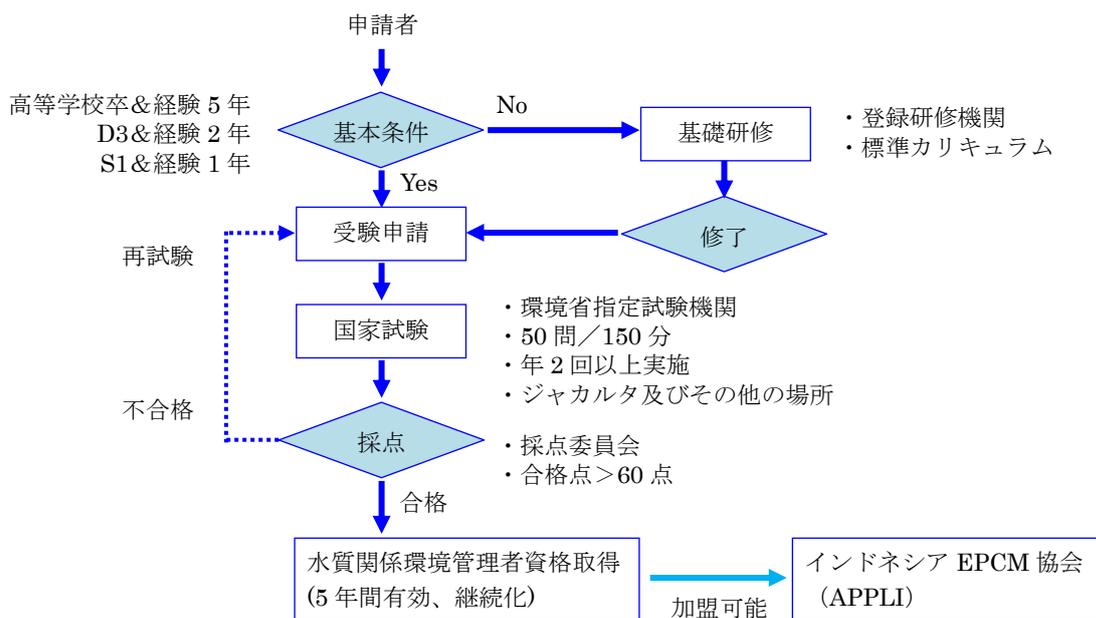



図 3-3-2　水質関係 EPCM 資格取得の手順

国家試験は、EPCM として必要とされる公害発生の予測、排出物の最少化、排出物処理施設の運転管理、環境測定・監視、緊急時対策等に関する知識、技能を問うこととし、試験は、それぞれの分野について年間 1 回以上、ジャカルタその他の地区で実施される。問題数は択一式の 50 問、試験時間は 150 分、合格点は 60 点とされている。合格後に付与される EPCM の資格は、基本条件及び能力基準を満たした証明であり、インドネシア国内どこでも有効である。西ジャワ州の工場では環境汚染防止管理組織の登録時に必要

となるものである。登録された EPCM は、西ジャワ州より ID を発行されるが、5 年ごとに再登録が必要である。水質関係 EPCM の試験は 2005 年から開始され、大気関係の試験は 2010 年から開始された。試験に合格し、資格を得た EPCM は 2008 年にバンドンで設立されたインドネシア EPCM 協会（APPLI）に加盟することができる。

なお、EPCM の資格は国家資格であるが、工場での EPCM で構成される環境汚染防止管理組織の設置義務は西ジャワ州に限られている。

### ⑤ EPCM として必要な知識、技能(標準教材の概要)

EPCM を育成するための基礎研修に使う教材そして国家試験の出題範囲を示す標準教科書を作成するために、西ジャワ州政府、大学、研究所などの専門家から構成された教科書作成委員会が設置され、2005 年に水質関係の標準教科書が西ジャワ州環境保護局から発行された。なお、2010 年には大気関係の標準教科書は発行された。

水質関係の標準教科書「Laporan Final Buku Referensi, Manajer Pengendalian Pencemaran Air」は本文 10 章 238 ページで、大気関係の標準教科書「Buku Panduan EPCM Udara」本文 6 章 262 ページ、付録 7 ページで構成されている。標準教科書を図 3-3-3 に示した。

図 3-3-3　大気関係(左)、水質関係(右)の関係標準教科書

水質関係 EPCM が履修しなければならない科目及びその内容が、水質関係の標準教科書に記載されている。その概要は表 3-3-2 の通りであり、その内容は、工場の環境管理の効果的な実施に大変参考になる。

表 3-3-2　水質関係の標準教科書の構成

| 章 | 内容 |
|---|---|
| 第 1 章：諸言 | 1-1　背景<br>1-2　EPCM 制度の目的<br>1-3　水質汚濁防止管理の政策 |
| 第 2 章：環境管理関係法規制 | 2-1　環境管理<br>2-2　排水の管理<br>2-3　有害有毒廃棄物の管理 |
| 第 3 章：環境公害防止組織規制の理念 | 3-1　環境公害防止組織<br>3-2　西ジャワ州環境保護局（BPLHD）のモニタリング |
| 第 4 章：水質 EPCM の役割 | 4-1　公害防止組織の義務付け |

| | |
|---|---|
| | 4-2　業務範囲<br>4-3　能力基準<br>4-4　認定及び登録 |
| 第 5 章：水域環境の管理 | 5-1　水循環<br>5-2　C、N、S の循環<br>5-3　水質汚濁の種類と影響<br>5-4　西ジャワ州の水資源の現状<br>5-5　水域環境管理の現状 |
| 第 6 章：排水の管理 | 6-1　排水管理の計画<br>6-2　各ステージにおける排水の種類<br>6-3　排水最少化技術 |
| 第 7 章：汚水処理技術 | 7-1　予備処理<br>7-2　各種汚水処理技術（7-2-1　予備処理、7-2-2　物理・化学処理、7-2-3　生物処理、7-2-4　三次処理、7-2-5　有害物質処理プロセス |
| 第 8 章：汚水特性の分析 | 8-1　諸言<br>8-2　汚水の特性<br>8-3　分析の精度保証、<br>8-4　試料採取方法<br>8-5　分析項目<br>8-6　分析室の設備<br>8-7　データ解析 |
| 第 9 章：汚泥の処理 | 9-1　汚泥処理の目的<br>9-2　汚泥の特定<br>9-3　処理プロセス<br>9-4　埋立処分<br>9-5　汚泥の活用 |
| 第 10 章：水質汚濁緊急措置 | 10-1　緊急事態の種類<br>10-2　緊急措置<br>10-3　報告の体制 |

### ⑥ EPCM 制度の普及状況と成果

西ジャワ州では、水質関係の EPCM 国家試験は 2005 年から、大気関係の EPCM 国家試験は 2010 年から実施されてきた。とくに、前者では 2008 年からは東ジャワ州が加わり、2009 年からは国家レベルの国家試験と位置づけられた。これらの試験結果を表 3-3-2 及び表 3-3-3 に示した。

表 3-3-2　水質関係の EPCM 国家試験の結果

| 年 | 国家試験：2008 年以降の(　)内は西ジャワ州の内数 | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| | 受験者数 | 合格者数 | 合格率　% | |
| 2005 | 61 | 53 | 87% | 西ジャワ州 |
| 2006 | 83 | 79 | 95% | 西ジャワ州 |
| 2007 | 46 | 39 | 85% | 西ジャワ州 |
| 2008 | 242(52) | 181(31) | 75% | 東ジャワ州の参加 |
| 2009 | 109(19) | 86(18) | 79% | 国家レベルとなる |
| 2010 | 93(74) | 79(63) | 85% | |
| 2011 | 266(22) | 198(18) | 74% | |
| 2012 | 256(?) | 203(?) | 79% | |
| TOTAL | 1156 | 918 | 83 % | |

表 3-3-3　大気関係の EPCM 国家試験の結果

| 年 | 国家試験：2008 年以降の(　)内は西ジャワ州の内数 | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| | 受験者数 | 合格者数 | 合格率　% | |
| 2010 | 55 | 49 | 89% | 西ジャワ州 |
| 2011 | 29 | 28 | 97% | 西ジャワ州 |
| 2012 | 33 | 30 | 96% | 西ジャワ州 |
| TOTAL | 117 | 107 | 91% | |

西ジャワ州の調査によると、EPCM を配置した工場では、汚水処理施設の運転効率が向上した、汚水処理施設の新規建設に大いに参考になった、同じく同施設の改修に役立った、薬剤の節約につながったと評価している。また、州政府も、環境管理組織が機能的になった、環境基準の遵守が図られた、排水処理施設の改善が図られた、技術革新がもたらされたと評価している。

ただし、この国家試験は国レベルにはなっているが、取得した資格は環境保全管理における技術能力の証明であり、資格取得者の配置は西ジャワ州のみで求められている点に今後の検討の余地がある。

現在、中央政府の環境省も、西ジャワ州の成果を踏まえて、EPCM 資格試験を国家試験として扱うようになってきている。また、西ジャワ州の EPCM 制度構築に注目したインドネシアゴム工業協会（GAPKIND）は、一部の会員を西ジャワ州の制度構築の初期の段階から参加させ、それを参考にして、同協会独自の環境管理制度を構築している。

このように EPCM 制度は、国レベルあるいは産業界レベルで大いに期待され、採用が検討されている。したがって、西ジャワ州以外の州あるいはパーム油製造業界において EPCM 制度が導入される場合、企業においては EPCM 制度の活用により、環境対策のための環境管理組織構築が容易になることが期待される。

### 3-3-2　環境管理者の役割

環境管理組織は、環境管理総責任者、各専門分野の環境管理技術者及び汚水処理施設担当者から構成される。ここでは、排水にかかる環境汚染防止対策を図る環境管理組織における各種環境管理者の役割について述べる。

#### (1)環境管理総責任者の役割

環境管理総責任者は、環境管理部門だけではなく、緊急時には操業の縮小・停止などを決定する権限を有する生産管理部門の責任者でもあり、工場長に相当する者でなければならない。その総括的な職務は、環境管理及び公害防止のために必要な業務が適切かつ円滑に実施されるように所定の措置を講じ、その実施状況を監督することなどによって、それらの業務を統括管理することである。具体的には、適切な廃水処理を実施するための施設の設置やその適切な運用を行うための人員の配置、それらに伴う社内規定の制定、予算の確保、環境管理計画の策定、緊急時等の対策計画の策定などを行わなければならない。

また、管理が必要な業務としては、次のような職務があげられる。

・汚水等排出施設の使用方法の監視並びにその汚水を処理するための汚水処理施設の維持管理に関すること
・汚水処理施設から排水される排水の汚染状態の測定及び記録に関すること
・汚水等排出施設及び汚水処理施設についての事故時の措置及び排出水に係る緊急時の措置に関すること

### (2) 水質関係環境管理技術者の役割

環境管理技術者は、環境管理総責任者の指揮統括の下で、水質に関する高度に専門技術的内容にわたる環境管理及び公害防止業務を行う。すなわち、環境管理総責任者が策定した環境管理計画に沿った業務を行うとともに、緊急時等にはその対策計画にそった措置を実施しなければならない。また、汚水処理施設担当者を指揮、監督して適切な環境管理及び公害防止業務を実施させなければならない。

したがって、工場の環境管理及び公害防止活動が実効を上げることができるか否かは、環境管理技術者にかかっているといっても過言ではない。このために水質関係環境管理技術者が責任を持って管理する具体的な技術的事項としては、次のような職務があげられ、これらの事項に関する知識・知見が必要となる。また、それらの結果に関しては環境管理総責任者へ報告することが必要である。

・使用する原材料の点検
・汚水等排出施設の点検
・汚水処理施設及び付属施設の運転、点検、補修の管理
・排出水又は地下浸透水の汚染状況の測定の管理及びその結果の記録管理
・測定機器の点検及び補修の管理
・汚水処理施設についての事故時における応急の措置の実施
・排出水に係る緊急時における排出水の量の減少、その他の必要な措置の実施
・行政機関の立入検査への対応（記録の開示、試料の同時採取等）

### (3) 汚水処理施設担当者の役割と機能

汚水処理施設担当者は、環境管理技術者の指揮管理の下で、水質に関する技術的内容にわたる環境管理及び公害防止業務を実施する。汚水処理施設担当者が責任を持って実施する具体的な技術的事項としては、次のような職務があげられ、これらの事項に関する知識・知見が必要となる。また、それらの結果に関しては環境管理技術者へ報告することが必要である。

・汚水処理施設及び付属施設の運転、点検、補修
・排出水又は地下浸透水の汚染状況の測定及びその結果の記録
・測定機器の点検及び補修
・汚水処理施設についての事故時における応急の措置の実施
・排出水に係る緊急時における排出水の量の減少、その他の必要な措置の実施

(4)工場従業員の義務

工場の従業員は、環境管理総責任者、環境管理技術者、汚水処理施設担当者が、その職務を行う上で必要とする指示に従わなければならない。

### 3-3-3　装置運転員の教育・指導

汚水処理施設運転員が環境汚染防止対策の基礎を習得するために、環境管理技術者等を講師とした社内研修を実施することが必要である。

この場合、環境管理及び公害防止対策の必要性に関する認識の涵養、汚水処理施設の操作・運転に関する知識及び技術、排水に関する各種分析測定の意味及び技術、緊急時の対応措置ついて十分な理解ができるようにする必要がある。とくに、緊急時の対応措置については、汚水処理施設運転員のみならず環境管理技術者も含めた実地訓練を行うことが効果的である。社内研修や実地訓練は、新たな知識や対応策の獲得のため、あるいは、技術の習得のために、1年に1回程度は必要である。また、汚水処理施設運転員の業務に関する州政府や県政府が実施する外部研修も有効であり、そのような機会があれば、環境管理総責任者や環境管理技術者は率先して受講を勧め、汚水処理施設運転員が受講しやすいよう、時間的、費用的な措置をとる。また、環境管理技術者等が自ら参加した外部研修については、社内において報告会を開催し、新しい知識等を共有するようにする。

環境管理及び公害防止対策の必要性に関する認識の涵養のためには、汚水処理施設運転員のみならず工場内の生産プロセス担当者や管理部門の職員、新規採用の職員をも対象として、このような社内研修を実施するのが良い。

### 3-3-4 測定担当者の教育・指導

各企業において測定担当者の知識レベルに関しては、必ずしも一定ではない。大学等で科学ないしは環境科学の教育を受けたものがいる一方では、全く測定の知見がないものもいる。そのために、各々のレベルに応じた教育・訓練と、レベルのステップアップが必要となる。

まず、初期段階では実際に扱う測定機器・器具の操作、試料の採取・決定から運搬・保存、試薬の取り扱いを学ばなければならない。特に試薬の取り扱いは測定者の安全面の確保からも欠かすことが出来ない。また、試料の採取・決定から結果を得るまでの SOP の作成は必要条件であり、これに基づく教育・訓練が必要となる。SOP に基づく操作は、作業の経験が進むにつれて習熟度が増すために、初期段階の訓練で十分であるが、時々監督者が SOP 通り分析を行っているかのチェックが必要となる。また、複数の測定担当者がいる場合は、お互いに作業方法に対してチェックし、研鑽を積むようにすると良い。機器の操作及び試薬の取り扱いは、測定機器購入時に納入業者から初期講習を受けることで習得が可能である。また、県政府や州政府の講習会などでも得ることが可能であるために、これを積極的に利用することが推奨される。

第二段階では、データの見方や誤差の概念などを習得する。習得によって、自らのデータが正しいかどうかの自己チェックが可能となる。外部専門家を招いての社内研修、また県政府や州政府の講習会への受講やパーム油産業の業界などによる年 1 度程度の講習会を受講する機会があれば積極的に活用することが望ましい。

第三段階では、測定に必要な科学的な知識、スキル／能力、あるいは排水等の指標を知るための様々な知識を得ることでレベルアップを図る。この段階では、高度の測定知識が必要となるため、大学等の教育機関の力を借りると良い。

測定作業が分担して行われている場合は、お互いがどのようなことをしているか知る必要がある。また、一通りの作業を自ら行った上で、分担作業を行うことが望ましい。測定の対象が様々である場合には、それぞれの測定方法や SOP が異なるために、測定担当者は自分が出来る測定項目を広げていく姿勢が重要である。このような場合には習熟している担当者や管理者が、新規採用社員や未担当の測定技術者に対して教える社内勉強会（社内研修会）などを企画し、出来るだけ多くの機会を設けることが望ましい。

## ４．地方政府への報告及び環境情報の開示

新たな企業活動を計画したとき、または計画した企業活動がコミュニティの同意や行政の許可手続きを終え、許可証を取得した後、操業を開始している場合、企業活動の責任者は次の 2 つの報告を行う。

a) 法令の規定に基づく地方政府への報告。この報告は義務的であり、法令に規定された報告を行わない場合、行政処分または処罰の対象となる可能性がある。
b) 周辺コミュニティも含む一般社会に対して、主に自発的・任意に行う企業報告。一般に情報開示（publikasi informasi）と呼ばれる。ただし、インドネシアにおいて、天然資源を扱う産業には環境 CSR 活動、環境報告を行う義務がある。

以下、4-1 では法令に基づく地方政府への報告、4-2 では環境情報の開示について記す。

### 4-1　地方政府への報告

企業の地方政府への報告で法令に基づく義務的なものは大別すると、

①企業活動を計画・起案する際の申請や既設の工場等の工程変更や施設増設などの変更届け等（4-1-1）
②企業活動の中で排水を放流する場合の許可申請（4-1-2）
③許可を承認された後、企業活動、工場の操業を行うとき、許可条件とされた工場排水の水質や放流量に関する定期報告、企業の環境管理に関する義務的な定期報告等（4-1-3）

がある。

なお、申請を受けた地方政府には、これら企業活動の申請受理や排水許可申請の受理、許可過程で、法令に基づいて、コミュニティへの公告、コミュニティの意見聴取等を行い、コミュニティを許可判断の決定に参加させることが義務づけられている。企業とコミュニティの連携、コミュニケーションについての法令による規定は 4-1-3 でふれる。

#### 4-1-1　企業活動を計画・開始する際の申請等

#### (1)　企業活動の許可申請の概要

すべての“事業及び／または活動”（usaha dan/atau kegiatan、以降、企業活動と略記）は、排水処理を含む、含まないに拘わらず、環境許可（Izin Lingkungan）の申請を行い、企業活動やそれに伴う排水の放流に関する許可を取得しなければならない。企業活動の種類、規模等により申請手続きは異なる。

環境影響評価（Amdal）、環境モニタリング/管理方法（UKL-UPL）及び環境管理誓約書（SPPL）の手続きの流れを図 4-1-1 に示した。企業活動を計画した責任者（以降、起案者と略記）は、その事業規模が大きく、環境影響が大きいと予想される場合、Amdal の手

続きが必要であり、影響が大きくないと見なされた場合は、Amdal 手続きは不要であるものの、UKL/UPL の提出が必要となる。小規模の企業で環境影響がないとみなされる場合UKL-UPL も不要であり、SPPL による誓約書の提出で企業活動が許可される。

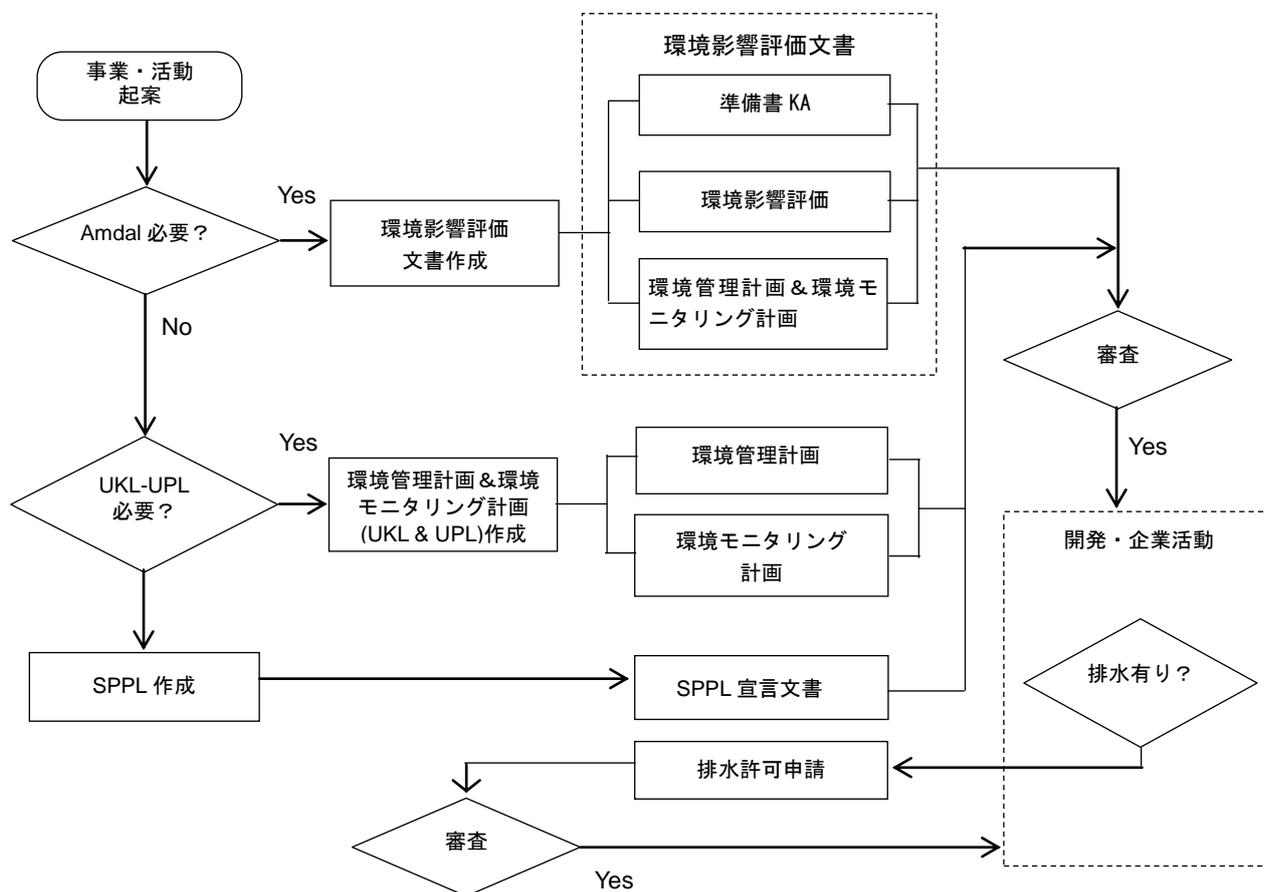



図4-1-1　企業活動及び排水放流の許可申請の流れ

Amdal の対象となる産業分野は、法令により定められている。分野 1：マルチセクター（埋め立て、干拓など）、分野 2：防衛、分野 3：農業、分野 4：海洋水産、分野 5：林業、分野 6：輸送、分野 7：衛星技術、分野 8：工業、分野 9：公共事業、分野 10：住宅、分野 11：エネルギー・鉱物資源、分野 12：観光、分野 13：原子力及び分野 14：危険・有害廃棄物管理の 14 分野が対象となる。

それぞれの分野に属する業種については、環境省令 2012 年 5 号により Amdal の対象となる規模と、対象とする科学的根拠が示されている。プランテーションは、農業分野のひとつに挙げられており、栽培面積が 2,000 ha を超える場合には Amdal の手続きが必要となる。

なお、企業活動の規模が法令に定められている基準以下のスケール／規模であっても、周辺の環境状況と放流水の性状から環境に大きな影響があると見なされる場合は、Amdal の手続きが必要となる。前出の 3 種類の手続きでは、必要な文書類を作成し、県／市の環境管理局へ提出する。次に Amdal の手続きについて説明する。

### (2)　Amdal文書

企業活動の規模が大きく、環境への影響が大きいと見なされた企業活動の場合、起案者は、①準備書、②環境影響評価書、③環境モニタリング計画/環境管理方法の 3 種類の Amdal 文書を、県／市政府の環境管理局へ提出し、審査を受けなければならない。一方、Amdal 審査では、起案者から企業活動の計画が提示された場合、申請受付後、公告が行われ、その内容に対するコミュニティからの提案、意見の提出と企業－住民相互の応答が制度的に保証されている。情報開示を軸とするコミュニティ・事業者の連携による環境汚染の未然防止制度である。

許可申請文書の提出などに関する規定は、政令（Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 27 tahun 2012 tentang Izin Lingkungan）に定められており、書式については環境大臣令（Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 16 tahun 2012 tengtang pedoman penyusunan dokumen lingkungan hidup HIDUP） に定められている。Amdal 審査の過程で、提出しなければならない文書を以下に説明する。

a. 準備書（KA, Kerangka Acuan）

企業活動の起案者は KA 書により、計画している企業活動が Amdal の対象となる場合、どのような影響評価内容に絞り込むか（スクリーニング)、またどのような項目について、どのような方法で環境アセスメントを実施していくのかという計画（スコーピング）を示さなければならない。提出された KA 書は県／市の環境局が公告されて、住民からの事業に対する提案、意見（反対意見も含め）などを反映できる仕組みとなっている。

KA 書は次の事項を記載しなければならない。

①導入（概要）
②スコーピング
③調査方法
④参考文献
⑤付属文書（アタッチメント）

b. 環境影響評価書（Amdal, Analisis mengenai dampak lingkungan hidup）

企業活動の起案者は Amdal に次の事項を記載して、提出しなければならない。

①企業活動の概要
②企業活動予定地の生態系の環境（保全）についての詳細な説明
③企業活動がもたらす重大な環境影響への予測結果
④環境影響の全体的な評価
⑤参考文献、付属書

c. 環境モニタリング計画/環境管理計画（RKL-RPL, Rencana Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Rencana Pemantauan Lingkungan Hidup）

企業活動の起案者は RKL-RPL に、次の事項を記載して、提出しなければならない。

①概要

②環境管理計画
③環境モニタリング計画
④許可や環境保護管理に必要な数と種類
⑤RKL-RPL の規定を実施するための申請者（pernyataan）の意見書
⑥参考文献
⑦付属書

**(3) 環境モニタリング及び環境管理の取組**

企業活動の規模が大きくはなく、環境への影響も少ない企業活動を計画する場合、起案者は UKL-UPL を作成し、審査を受けなければならない。UKL-UPL は環境管理及び環境モニタリングの取り組みについて記述した文書であり、事業活動の環境への影響の有無の審査を行うために必要とされる。UKL-UPL には次の事項を記載しなければならない。

①事業活動提案者の身元（氏名、住所、連絡先等）
②事業計画および/または活動
③環境に及ぼす影響
④環境管理計画と環境モニタリング計画
⑤許可の数とタイプ、及び必要とされる環境保護管理
⑥UKL-UPL を実施するための事業活動申請者の意見
⑦参考文献
⑧付属書

UKL-UPL については環境大臣規則（Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 13 tahun 2010, tengtang Upaya Pengelolaan LIngkungan Hidup dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup dan Surat Pernyataan Kesanggupan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup）に規定されている。UKL-UPL 書式は http://www.menlh.go.id/からダウンロードできる。

**(4) 環境管理と環境モニタリング実施の誓約書**（SPPL, Surat Pernyataan Kesanggupan Pengelolaan dan Permantauan Lingkungan Hidup）

SPPL 誓約書は、企業活動による環境への影響がないと見なされる、主に中小規模の企業活動の起案者が県/市環境管理局へ提出する。申請書類のなかでは簡易な書面であり、内容は事業者自ら環境管理と環境モニタリングを実施することを承諾する誓約書である。SPPL の記載事項は次のとおり。

①起案者の身元（氏名、住所、連絡先等）
②事業活動についての簡単な情報
③発生する環境影響と環境管理の簡単な説明
④管理および環境モニタリングを実行する能力の提示
⑤起案者の署名証印

SPPL の規定書式は http://www.menlh.go.id/からダウンロードできる。

### 4-1-2　排水放流の許可申請

企業活動の計画のなかに、工場からの排水放流が含まれる場合、起案者は排水放流の許可申請を県／市の環境局に行う必要がある。図 4-1-2 に排水許可申請手続きの流れを示す。

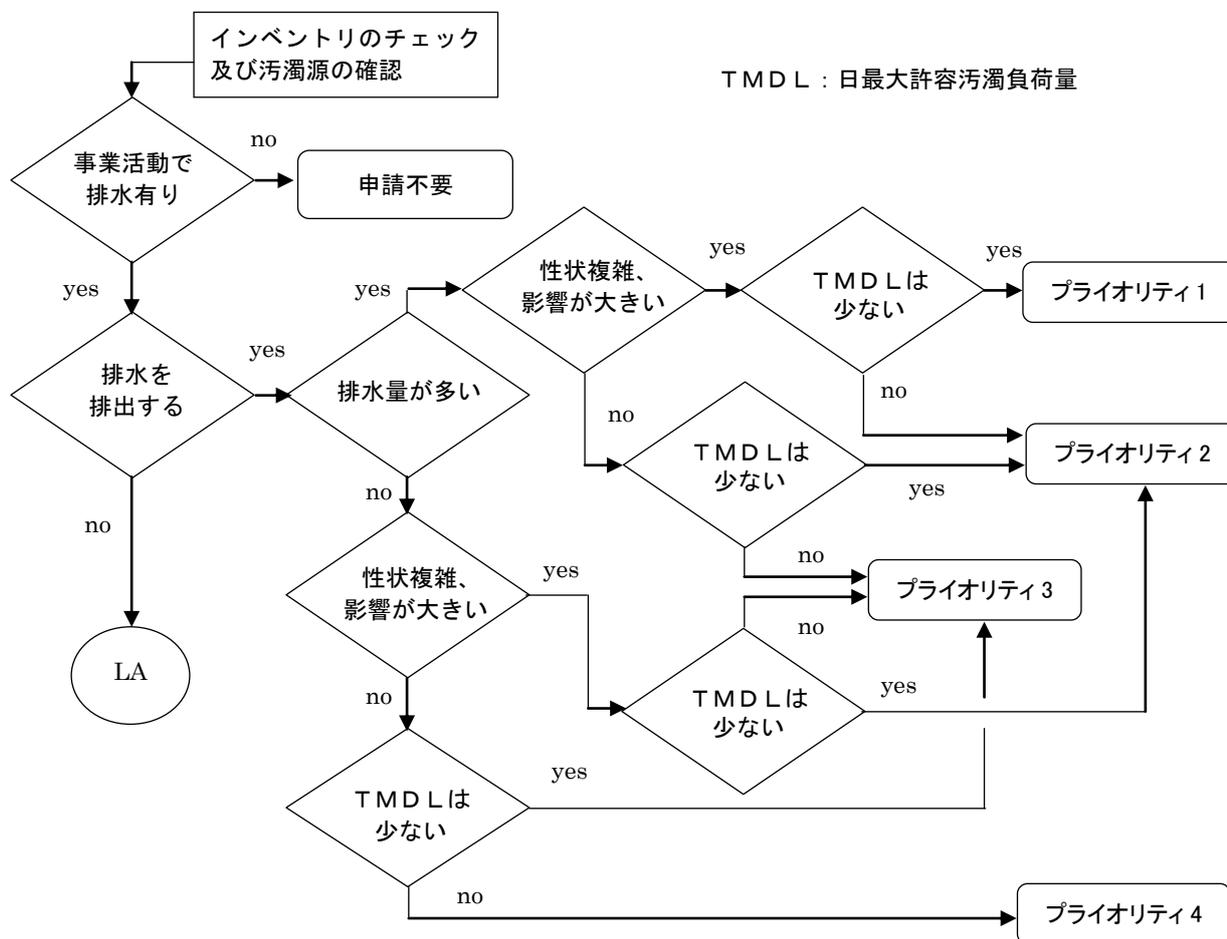



図4-1-2　排水許可申請の流れ

申請者が準備する必須情報には、行政管理情報と技術的情報の 2 種類がある。

#### (1)　行政管理上、必要とされる情報

a. 事業活動計画

①申請者の身元
②排水許可を申請する排水の適用範囲（scope）
③排水源と排水特性
④排水基準を満たすため排水管理システム
⑤排水流量（$m^3$/秒）、排水総量（$m^3$ /日）、水質
⑥工場内排水位置と放流地点
⑦工場生産品の種類と実際の毎月生産能力

⑧使用原材料の種類と量
⑨周辺水域の水質モニタリング結果
⑩事故時の対応設備と危機管理の手順

b. 産業活動、工場建設、及び排水管理システムの開発・運用に関連する既得許可証を添付する。

c. Amdal 関係の文書、または UKL/ UPL 文書、または他の環境文書の添付

工場排水の放流許可申請は、Amdal 審査や UKL-UPL の審査と並行して行わなければならないと定められている。排水の放流許可申請書に、Amdal 文書、または UKL-UPL 文書を添付しなければならない。許可申請責任者は、県／市による水質汚濁防止に関連する許可手続き上の指定要件を理解し、それらの要件を満たしている必要がある。

### (2) 技術的情報

技術的情報とは排水放流に係る影響調査結果（推計予測も含む）である。影響調査項目は、以下のとおり。

a. 排水に関する研究;魚、動物や植物の栽培、土地や地下水の質、及び公衆衛生への影響。
b. 事業活動を計画し、排水管理を行う責任者が計画している公害防止の取り組み、排水量の最小化、工場の省エネ、資源再循環（再利用効率）等の取り組み。
c. 放流水域の魚類、周辺の動物や植物の生育、土地（土壌）や地下水の水質、及び公衆衛生上の排水の影響調査結果。これらについては、Amdal、UKL/ UPL 文書及び他の排水の影響を研究した報告など、類似のテーマについての報告が在る場合、引用することができる。

放流許可申請書の書式は、http://www.menlh.go.id/からダウンロードできる。

## 4-1-3 行政への事業活動中の報告

### (1) 環境法令によるコミュニティへの報告

事業活動へのコミュニティの関与、連携は環境影響評価制度や環境許可のプロセスは、環境省令 2012 年 17 号にて、次のような基本的な原則に基づいている。

①透明かつ完全な情報をコミュニティに提供する
②双方は平等の立場
③問題発生では公正かつ賢明な解決を目指す
④双方の連携・協力、コミュニケーションを保つ。

上記環境省令では、事業活動計画に付随して、水域への排水放流の許可申請が提出された時点から 3 日営業日以内にコミュニティへ公告され、コミュニティの提案、意見を聞かなければならない。10 日営業日以内に、コミュニティの提案、意見などがない場合、書類に不備がなければ許可証発行の申請は受理される。

### (2)　許可取得時の許可条件関係の報告

許可取得時の許可条件関係の報告に関する根拠法令は、環境許可に関する 2012 年政令である。既に稼働しているパームオイル工場から行政への報告では、Amdal 制度による開発許可申請時に提出した、環境管理計画及び環境モニタリング計画（RKL/RPL）の実施結果について定期的な報告が必要となる。報告先は、県と州の環境局（BLHD）、県と州の公共事業省事務所（Dinas PU）であり、RPL/RPL、UKL/UPL による定期報告は 6 ケ月毎に行う必要がある。

また、工場のプロセスや工場の規模を変更する場合には、変更後の RKL/RPL による許可の再承認を受け、変更した計画に基づいての定期報告を行う。Amdal 手続きの不要なパームオイル工場は、簡易な UKL-UPL による報告を行う。

報告項目は政令及び省令により定められている。この規定による報告項目は、排水基準が設定されている水質項目であり、その測定結果については、工場の排出ガスの測定結果などとともに、公定法による計量証明書を添付して、3 ケ月毎に報告する義務がある。

### (3)　排水モニタリング報告

根拠法令は水質汚濁防止及び水質管理に関する政令（2001 年政令第 82 号）である。省令で、排水量は毎日測定することが定められている。また、排水水質のモニタリング結果は 3 ケ月毎に報告することが、産業活動からの排水基準に関する環境大臣令（1995 年第 51 号）に定められている。

表 4-1-1　CPO 工場排水の排水基準

| 項目 | 最大濃度(mg/L) | 最大汚濁物質排出量(kg/t) |
|---|---|---|
| $BOD_5$ | 100 | 0.25 |
| COD | 350 | 0.88 |
| TSS | 250 | 0.63 |
| 油脂 | 25 | 0.063 |
| 全窒素 | 50 | 0.125 |
| pH | 6.0 – 9.0 | |
| 最大排水量 | 2.5 $m^3/t$ | |

注）最大排水量は CPO 生産 1 t 当たりの排水量
最大汚濁物質排出量は排水量 1 t 当たりの排出量
全窒素＝有機態窒素＋アンモニア態窒素＋硝酸態窒素＋亜硝酸態窒素

なお、その他一般の工場排水を対象とした基準として、表 4-1-2 に掲げる項目についてそれぞれ排水基準が設定されている。この排水基準は排水の高度処理を行っている工場（I グループ）と、簡略処理の工場（II グループ）の 2 つのグループに区分されており、基準欄の左側（I）と右側（II）の基準に分けて設定されている。I グループの基準値は、II グループのそれよりも低く厳しく設定されている。表 4-1-1 のような単位生産量当たりの排水量の大小による分類はない。

表 4-1-2　その他一般の工場の排水基準

| No | 項目 | 単位 | 排水基準値 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | グループ I | グループ II |
| 物理的項目 | | | | |
| 1 | 水温 | $^oC$ | 38 | 40 |
| 2 | 溶存性固体成分 | mg/l | 2000 | 4000 |
| 3 | 懸濁物質 | mg/l | 200 | 400 |
| 化学的項目 | | | | |
| 1 | pH | 6.0 － 9.0 | | |
| 2 | 鉄分 | mg/l | 5 | 10 |
| 3 | マンガン（Mn） | mg/l | 2 | 5 |
| 4 | バリウム（Ba） | mg/l | 2 | 3 |
| 5 | 銅（Cu） | mg/l | 2 | 3 |
| 6 | 亜鉛（Zn） | mg/l | 5 | 10 |
| 7 | 六価クロム（$Cr^{+6}$） | mg/l | 0,1 | 0,5 |
| 8 | トータルクロム（Cr） | mg/l | 0,5 | 1 |
| 9 | カドミウム（Cd） | mg/l | 0,05 | 0,1 |
| 10 | 水銀（Hg） | mg/l | 0,002 | 0,005 |
| 11 | 鉛（Pb） | mg/l | 0,1 | 1 |
| 12 | スズ（Sn） | mg/l | 2 | 3 |
| 13 | ヒ素（As） | mg/l | 0,1 | 0,5 |
| 14 | セレン（Se） | mg/l | 0,05 | 0,5 |
| 15 | ニッケル（Ni） | mg/l | 0,2 | 0,5 |
| 16 | コバルト（Co） | mg/l | 0,4 | 0,6 |
| 17 | シアン（CN） | mg/l | 0,05 | 0,5 |
| 18 | 硫化水素（$H_2S$） | mg/l | 0,05 | 0,1 |
| 19 | フロン（F） | mg/l | 2 | 3 |
| 20 | 塩素（$Cl_2$） | mg/l | 1 | 2 |
| 21 | アンモニア態窒素（$NH_3$-N） | mg/l | 1 | 5 |
| 22 | 硝酸態窒素（$NO_3$-N） | mg/l | 20 | 30 |
| 23 | 亜硝酸態窒素（$NO_2$-N） | mg/l | 1 | 3 |
| 24 | $BOD_5$ | mg/l | 50 | 150 |
| 25 | COD（重クロム酸法） | mg/l | 100 | 300 |
| 26 | メチレンブルー活性物質 | mg/l | 5 | 10 |
| 27 | フェノール | mg/l | 0,5 | 1 |
| 28 | 植物性油分 | mg/l | 5 | 10 |
| 29 | 鉱物性油分 | mg/l | 10 | 50 |
| 30 | 放射能 **) | | - | - |

注）*)　・排水の水質を基準に適合させるために、水源から直接取水した水により、排水を希釈してはならない。
・排水基準は許容最大値である。
**)　放射能の基準は関係法令の定めるところによる。

当該工場を管轄する県/市を含む州当局が、環境への影響を配慮し、水質保全法の上乗せ基準を設定している場合、工場はその基準を遵守しなければならない。なお、排水基準に上乗せが設定される場合、その基準決定方法は環境省令に規定されている。

## 4-2　環境情報の開示

### 4-2-1　情報開示の重要性

#### (1)　環境法令による環境情報開示の義務化

企業の環境情報の開示は、企業の社会的責任（Corporate Social Responsibility, CSR）活動の重要な柱の一つである。

インドネシアの会社法（Undang-Undang Republik Indoesia Nomor 40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas）の第66条では、企業の年次報告規定の中に“環境と社会的責任の実施に関する報告”を含まなければならないと定めている。また、環境及び社会的責任について、特に、“天然資源または関連する分野で事業を行う企業は、環境保全、社会的責任を実践しなければならず、その費用は予算化し計上する義務がある”と定めており、意図的にこの義務を怠った場合は、処罰の対象になる（同法第74条)。

また、同法第 74 条 1 項で定められている、企業の環境分野における社会的責任（Tanggung Jawab Sosial Lingkungan, TJSL）には、企業が環境分野の法令を遵守すべきことが含まれている。遵守すべき主な環境法令を挙げれば、環境基本法（UU No. 32 tahun 2009)、廃棄物対策法（UU No. 18/2008)、水質汚濁防止に関する政令（PP No. 82/2001)、大気汚染防止に関する政令（PP No. 41/1999）などがある。

また、企業の CSR 活動のコンセプトは、地域開発のコンセプトに密接に関連しており、一方で地域開発はCSR実施プロセスにおける重要な一部となっている。企業の社会的責任、環境分野の社会的責任（TJSL）および地域開発の関係は、図4.2.1のように示される。

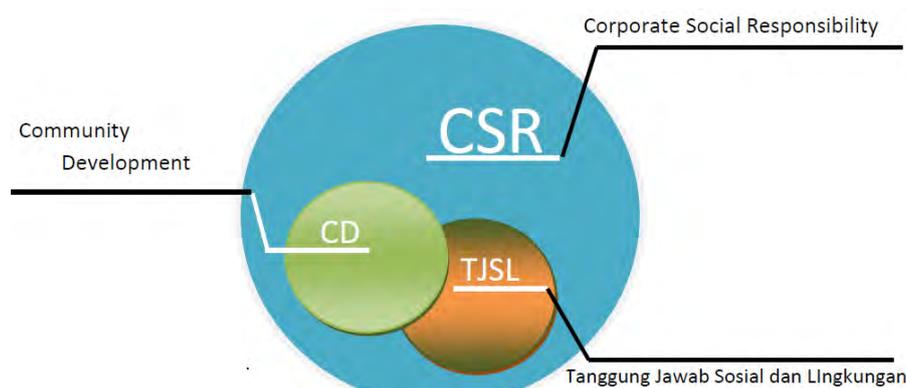



図4.2.1　企業の社会的責任、社会・環境的責任および地域開発の関係
（Guideline on Environmental CSR, インドネシア環境省, 2011）

#### (2)　環境部門CSRガイドラインに基づく環境報告の推奨

環境省（KLH）は企業内の環境CSRの一般への報告（CSR報告またはサスティナブル・レポート）について、2011年8月に「環境部門CSRガイドライン」（48頁）を刊行し、さらに2012年11月に「環境部門CSR実施ガイド」（80頁のハンドブック）を策定して

いる。両者とも、その内容の一部として、企業の環境報告を強く奨励している。「環境部門 CSR ガイドライン」では、環境 CSR 報告（ドキュメント）を作成するための各ステップ及び環境 CSR 報告に記載する内容の概要がまとめられ、企業の環境 CSR 活動を分かり易く、簡潔かつ実施可能な内容として説明している。

「環境部門 CSR 実施ガイド」では、やや詳細に企業の環境への取り組みを開示することのメリット、報告の記載項目などを解説している。以下に、情報開示のメリットを紹介する。

・**企業にとって**：環境部門 CSR を、より体系化し、持続可能な内容として実施することができる。

・**政府にとって**：企業の環境部門 CSR 情報の提供を受けることにより、必要に応じて、それらと相乗効果のある環境保全のプログラムや政策を実施できる。

・**社会にとって**：環境部門 CSR 情報の提供により、環境 CSR 実施に関与したい人々に、参加の機会を与える。

### (2) 情報開示における国際的な方向

産業革命以降、世界の人口の増加し、経済成長もほぼ右肩上がりに伸びて、生活水準の向上も世界的に進んでいる。しかし、同時にエネルギー、食糧、天然資源への需要も地球規模で増加している。このような経済活動は、地球温暖化、生物多様性の損失、大気環境・水環境・土壌環境の質の低下、化学物質の環境リスクなど様々な環境問題に影響を与えている。

1987年に提唱された「持続可能な開発」に向けた新たな経済活動のあり方として、グリーン経済という概念があり、2012年にブラジルのリオデジャネイロで開催された「国連持続可能な開発会議（リオ＋20)」においても、「持続可能な発展及び貧困根絶の文脈におけるグリーン経済」が主要議題の一つとなった。

このような経済・社会のグリーン化に向けては、企業の環境配慮への積極的な取組が重要な役目を担っており、自らの事業活動を持続可能な成長とするためにも、事業活動に伴う環境配慮への取組がより一層必要となっている。このような課題への企業の適切な対応は、その企業の市場のおける価値を高めるものとして認識されている。

対応の一つとしては企業が環境情報を積極的に開示することであり、そのことで企業を取り巻くステークホルダー（消費者＝顧客、従業員、株主、債権者／金融機関、仕入先、得意先、地域社会＝地域住民、NPO･NGO、行政機関など）が企業の事業活動を評価し、企業の経済的な便益をもたらすような社会の仕組み形成は国際的な流れとなってきている。

欧州では、2003年の会計法現代化指令令（2003/51/EC）を受け、財務報告だけでなく環境的･社会的側面の分析結果（非財務情報）の開示の義務化が進んでいる。この他にも、上場企業等に環境や社会に関する重要な情報の開示を求める等、より強制力のある形で環境情報の開示を促進する政策を実施する国が増えている。社会的側面では、ISO 26000が国際的に普及しつつある。

ステークホルダーへの正確な情報開示は、企業の透明性や説明責任が求められるなかで

重要となってきている。事実、企業における情報開示内容や情報発信の姿勢が企業価値の醸成に影響を及ぼしており、金融機関においても融資等を行う際に、決算書といった財務情報だけでなく、環境への取組に関する環境情報も重視する流れとなっている。

【日本の事例】

インドネシアにおいては、近年の急速な経済発展により、工場の新規立地、増設が進み、公害汚染の進行が懸念されている。

日本においては、1960年代の高度経済成長期を出発点に、例えば瀬戸内海で産業排水による水質汚染が進み、赤潮の頻発、養殖ハマチの死滅など、死の海と言われるまでの深刻な公害問題が顕在化した。1980年代に入ってからは、自動車普及による交通公害、使い捨て時代と言われる廃棄物の増大、電気の大量使用による地球温暖化など、様々な環境問題が発生し、これらの多様化した環境問題への対応が迫られた。

その後、企業は、社会における環境意識の高まりに醸成され、地方自治体、地域住民と一定の緊張感を保ちながら、公害防止に取り組み、排水対策・排ガス対策の改善など、多くの分野で一定の成果を挙げてきた。

また、1992年の「環境と開発に関するリオ宣言」にみられるように世界的環境意識の高まりを受けて、日本でも、企業による自主的な公害防止対策の取り組みが広がった。

しかし、こうした中、2000年以降、安定してきた環境状況から、地方自治体の一部では、公害規制に対する取り組みの弱体化が進み、また、一部の大企業においても、排出基準超過やデータ改ざんなどの不適正事案がみられるなど、企業と地方自治体の双方において、公害防止の意識が相対的に低下していることが懸念される事態となった。

このような状況を踏まえ、企業と地方自治体との間で行われてきたこれまでの公害防止協定等の公害防止体制に加えて、行政への自主的報告、地域への情報開示・共有を進め、企業・地域住民・地方自治体の相互信頼に基づく取組が、公害防止の新たな手法として期待されている。

### (3)　企業のおける情報開示の位置付け

企業が公害防止関係法令を遵守し、地方政府が規制・指導・監視を行うという従来の体制は当然の措置として重要である。しかし、それに加えて、地域における企業・地域住民・地方政府の三者が、環境に係る情報を共有し、相互間のコミュニケーションを通じて信頼関係を築き、その相互信頼に基づいた「環境負荷のより少ない、よりよい環境を目指した地域づくり」が重要である。これらの取組は、強制的に行われるものではなく、企業が、自主的に地域住民・地方政府と協働して進めることが期待されている。

そのためには相互間のコミュニケーションが不可欠であり、企業による正確な環境情報の開示は相互の信頼性を高めることになる。

環境情報を開示するに当たって、企業は次の点を考慮する必要がある。

・事業活動の全体像を理解してもらう必要がある。
・利用する側にとっても、企業を多面的に評価するニーズが高まりつつある。
・環境報告とは、経営を環境の視点から見た場合にすくい上げられる情報を元に、経営責任者が社会に対して事業活動に伴う環境負荷及び環境配慮等の取組状況の全容

を説明することである。

・企業は自らが重要と判断した情報が何であるか、またなぜ重要と判断したのかを利用者に分かるように伝達する必要がある。

・どの情報をどのような媒体でどう伝達するかは企業の判断による。

・社会的責任の履行と企業の持続可能性を体系的に伝えるためには、経済面･社会面･環境面の統合的開示が求められる。

・より詳細な情報を開示することも、環境負荷及び環境配慮等の取組状況を深く理解してもらうため、またステークホルダーの要望に対応するために必要である。

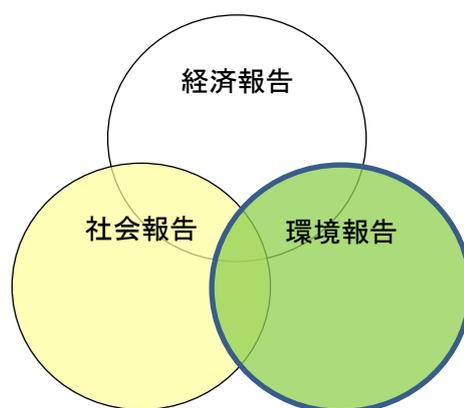



図 4-2-2　事業活動における情報と環境情報の関係

### (4)　環境情報開示の機能

環境情報を開示することには、企業と社会とのコミュニケーションツールとしての外部（社会的）機能と、企業自身の事業活動における環境配慮等の取組を促進させる内部機能の二つの基本的機能がある。これらにより、企業の自主的な事業活動における環境配慮等の取組が推進される。

外部（社会的）機能には、次の三つがある。

①企業の社会に対する説明責任に基づく情報開示機能

企業は、事業活動を通じて｢環境｣を利用し、その結果として、｢環境｣に大きな負荷を与えている。そのため、「環境」をどのように利用して、どのような環境負荷を発生させているのか、また、これを低減するためにどのような環境配慮の取組を行い、どのような成果を得たのか等について、社会に対して明確に説明する責任がある。

②ステークホルダーにとって有用な情報を提供するための機能

取引先や消費者、公共機関等による製品やサービスの選択、投資家や金融機関による投融資先の選択等にあたっては、各種の製品情報や経営情報の開示が必要不可欠であり、その際に環境面やリスク管理等に関する情報が重要な判断材料になると考えられる。

③企業の社会とのプレッジ・アンド・レビュー（誓約と評価）による環境活動等の推進機能

企業が環境配慮等の取組に関する方針や目標を誓約し公表することにより、社会がその状況を評価するいわゆるプレッジ・アンド・レビューの効果が働き、取組がより着実に進められる。さらに、環境情報の開示にあたって、外部の目や同業他社との比較を意識し、より前向きに取組を行っていくことになる。

このような機能により、ステークホルダーはその企業が環境問題等についてどのように考え、どう対応しようとしているのかを知ることができ、企業はステークホルダーからのフィードバックを受けることにより、ステークホルダーが企業に何を求め、どう感じているのかを知ることができる。また、幅広いステークホルダーの間で環境コミュニケーションが進むことにより、社会全体の環境意識が向上するとともに、各主体の取組の状況と課題についての認識が深まれば、それぞれの役割に応じたパートナーシップの下で社会全体での取組のレベルアップに役立つことが期待される。

内部機能には、次の二つがある。

④自らの環境配慮等の取組に関する方針・目標・行動計画等の策定・見直しのための機能

環境負荷の実態や事業活動における環境配慮の取組状況を外部に報告することにより、企業自身が報告の内容を充実させるため、事業活動における環境配慮の取組の内容やレベルを自主的に高める効果があるとともに、社内的に環境情報の収集システムが整備され、企業自身の環境配慮の取組に関する方針、目標、行動計画等を見直し、新たに策定する契機になる。

⑤経営責任者や従業員の意識付け、行動促進のための機能

取組内容を従業員に理解してもらい、その環境意識を高めるために、開示内容は従業員の教育・研修のツールとしても活用できる。さらには自らの事業活動における環境配慮等の取組状況を知るとともに、それらの取組を行うことにより従業員自身が、自社に誇りを持つことにつながる。また、情報開示する文書に経営責任者による誓約等を記載することにより、経営責任者自身の意識付けも期待できる。

企業は、環境情報の開示を行う際には、これらの機能を適切に果たすよう留意することが望まれる。

### 4-2-2　開示する情報

環境情報の開示とは、企業が事業活動に関わる環境情報により、自らの事業活動に伴う環境負荷及び環境配慮等の取組状況について公にするものである。環境情報の開示を実施することにより企業は、社会に対して自然資源を利用して事業を行う者としての説明責任を果たし、またステークホルダーの判断に影響を与える有用な情報を提供するとともに、環境コミュニケーションを促進することができる。

したがって企業は、環境対策が自己の責務であり、社会的責任であることを自覚し、法令を順守するのみならず、積極的に予防的環境対策を進め、その情報を自主的に、逐次、行政機関に報告するとともに、地域住民へ公開していくことが求められる。

## (1)　環境情報の一般的な開示内容

企業活動に伴う環境負荷の軽減及び環境配慮の取り組みに関する情報の報告様式については、インドネシアの「環境部門 CSR ガイドライン」で次の項目が挙げられている。

①タイトルと会社名、報告対象年度
②会社の概要、環境ビジョン、ミッション及び環境管理の組織体制
③報告の背景、工場の環境管理活動の目的、目標、実施する活動の受益者数
④製品製造での環境配慮の取り組みも含む環境管理活動の内容
⑤環境管理活動に関する評価（強み、弱み、課題、活動実施前後の数値比較）
⑥環境管理についての、今後の改善計画

## (2)　工場の用廃水管理についての情報開示

上記の環境情報の開示の中で、用廃水管理についての情報開示を例とすると、次の項目を挙げられる。

①用排水管理及びその低減対策に関する方針及び計画、目標
②工場の水処理施設を含む、用廃水系統の説明

a. 工場の用廃水系統、排水放流先
b. 排水処理施設の概要
c. 排水水質（排水基準が設定されている項目）
d. 計画的および計画外の水の排出の総量
e. 別の工程、事業所等での再利用の有無
f. 排水総量の計算（数値化）

一般に環境情報の開示では、可能な限り情報を数値化することが重要である。数値化により、住民やステークホルダーにとって報告内容の理解が容易となり、また、前年度報告や他工場との比較、検証が可能となる。

1)総排水量の算定式

－総排水量は、工場及び事業場からの排出先が排出先の水域（河川、湖沼、海域）か下水道かに係わらず、工程や浄化槽からの処理排水だけでなく、敷地内で合流する希釈水、冷却水、雨水等を含む最終放流口の排水量を実測もしくは推定して算定する。
－工場の工程や浄化槽からの処理排水とは別に、冷却水、雨水等を雨水側溝から水域に放流されているものは原則含まない。可能な場合、別途、冷却水・雨水等排水量として開示する。

排水量（$m^3$/年）＝工程等からの処理排水の最終放流口での年間排水量

2)排水量を流量計等のメーターによって測定していない場合は、次の計算例を参考に合理的な方法で算出する。ただし、開示している排水量が実測に基づく数値ではない旨及び排水量の算定方法を注記する必要がある。

－排出先が水域の場合（計算例）

排水量（$m^3$/年）＝水資源投入量－蒸発量－地下浸透量－生産製品含有量

（用語集：蒸発量、地下浸透量、生産製品含有量）

③取水源からの総取水量

a. 各水源からの取水総量：

－湿地、河川、湖などの地表水及び海水の取水量

－地下水の取水量

－敷地内での雨水の直接貯留水利用量

－各工程（工場）からの排水量

－市水道や水道企業

b. 総取水量、総排水量等の計算

－水資源投入量及びその低減対策水資源投入量（万 $m^3$/年）

＝上水年間使用量＋地下水年間使用量＋工業用水年間使用量

－水の循環的利用量（万 $m^3$/年）

＝上水年間再生使用量＋地下水年間再生使用量

＋雨水年間再生使用量＋工業用水年間再生使用量

（注）ここでの雨水とは、サイト内で利用した雨水量。

④大量の取水によって影響を受ける水源

a. 影響を受ける水源の種類数

－水源の規模

－水源域が国または国際的な保護区域（生物多用性などの）の指定の有無

－水源域が保護区域に指定されている場合、種の多様性、保護種などの数

－水源（河川流域等）に存在するコミュニティや住民にとっての水源の重要度

b. 水源規模の数値化

水源の規模：河川の場合は年平均流量（$m^3$/秒）、流域面積、河川長等

⑤水を再利用している場合、その割合（%）

a. 工場毎の再利用水の総量

b. 使用水総量中の再利用水のパーセンテージ

c. 再利用水の計算

－事業エリア内で循環的利用を行っている物質量等循環的利用量（万 $m^3$/年）

＝上水年間再生使用量＋地下水年間再生使用量

＋雨水年間再生使用量＋工業用水年間再生使用量

（注）ここでの雨水とは、工場敷地内で利用した雨水量。

⑥用廃水管理活動に関する評価（強み、弱み、まとめ）

まとめでは活動実施前後の数値比較なども行う。

⑦用廃水管理に係る今後の改善計画

用廃水管理の評価をもとに、用廃水管理の改善点の整理とその改善計画を報告する。

以上の情報開示についてさらに詳しく知りたい場合、国連環境計画（UNEP）の公認協力機関である GRI（Global Reporting Initiative）により公開されているガイドラインを参照できる。GRI の最新版ガイドライン　(2013,Ver G4, GRI Sustainability Reporting Guidelines）は 2 部構成で、英語版以外に数カ国語の翻訳版があるが、現時点ではインドネシア語版は未刊である。

・Part 1 Reporting Principles and Standard Disclosures

・Part 2 Implementation Manual

ダウンロード元：https://www.globalreporting.org/reporting/g4/Pages/default.aspx

**【参考】**

日本では、多くの企業が環境省から示されている「環境報告ガイドライン（2012年度版）」やGRIのガイドラインを参考にして環境報告を行っている。しかし、環境情報の開示や開示する内容については、企業経営者が自社の環境対策状況や政府の方針を鑑みて判断することになるが、基本的には、開示できる部分から開示していくことが重要である。

日本では、多くの企業でマテリアルバランスに関するデータを開示している。これは、事業活動全体における物質やエネルギー等のインプット、アウトプットを把握するマテリアルバランスの考え方に基づき事業活動による成果と環境負荷を捉える。総エネルギー投入量、総物質投入量、水資源投入量などのインプットの総量と、総製品生産量やサービスの提供量、各環境負荷の発生量などアウトプットの総量、及びリサイクルなど循環利用している物質の総量を記載することにより、環境負荷の発生と資源や物質等の量的バランスを概括するように記載する。

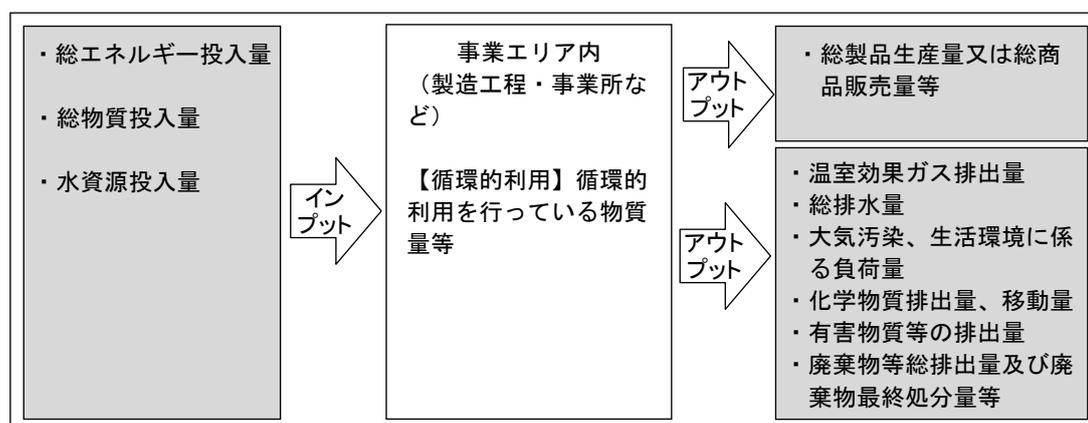



図 4-2-3　マテリアルバランスのイメージ図

### 4-2-3　開示方法

環境報告の公表媒体には、冊子・印刷物、ウェブ（PDF、HTML、電子ブック等）等さまざまなものがある。形式・媒体は何であれ、その内容が本ガイドラインの定義に合致し、事業者が自らの事業活動に伴う環境負荷の状況及び事業活動における環境配慮等の取組状況を総合的に取りまとめ、公表するものであれば、環境報告となる。基本的には事業者の

事業年度または営業年度に合わせ、少なくとも毎年（度）一回、作成・公表することが望まれる。例えば、環境報告書は会計年度終了時や株主総会等、ステークホルダーへの情報提供にふさわしい時期に作成・公表することが考えられる。ウェブを活用する場合等、公表媒体によっては、その開示内容に応じて公表頻度を多くすることも有効である。環境データは随時公表することも有効である。

また、企業が工場の立地している地域の住民に、潜在的な環境リスクや環境汚染防止に関する情報を、自ら公開することにより、地域住民や地方政府との信頼関係が醸成される。地域住民への公開のための手段として、例えば次のようなものが考えられる。

①企業HP上に公開する。
②工場あるいは本社の入口に掲示する。
③地方政府環境局を通じで公開する。
④企業が定期的な説明会・意見交換会を開催して、資料を配布して説明する。
⑤工場見学会、工場緑化等の環境イベントを開催して、環境保全活動状況を公開する。
⑥地方政府が開催する環境展や地域住民が主体的に行う環境保全活動や意見交換会などの環境イベントに積極的に参加し、参加者に伝える。

このような積極的かつ自主的な広報活動を通して、地域住民への情報開示、そして意見交換を行うことにより、企業は地方政府や地域住民との双方向のコミュニケーションの土台を構築し、ひいては地域住民からの信頼を得ることになる。またその信頼が、次の企業活動発展の大きな推進となっていく。

逆に企業がひとたび環境汚染や不適切な事案を引き起こしたときは、地域住民に影響を及ぼすだけでなく、社会的信用を失い、企業活動の継続さえ危ぶまれる、取り返しのつかない事態を招くこととなる。

企業が環境対策を地道に実践し、その結果を長期にわたり積極的に地域住民、地方政府に報告し、協議し、かつ継続的に公開していくことこそ、地方政府、地域住民の信頼を得ることになる。

### 4-3　地方政府及び地域住民に期待すること

#### 4-3-1　地方政府

地方政府は、環境汚染防止対策のため、法に基づく企業への規制・指導・監視を行うだけでなく、企業と地域住民を結ぶコーディネート役を担い、関係者間のコミュニケーションを促進することが望まれる。異なる立場の三者が、相互理解を深める土台作りとして、地域における情報共有を積極的に進めることが必要である。そのためには、法規制に基づく企業の環境情報の報告だけでなく企業による自主的な情報開示を促す施策とともに、地方政府自らも一般環境のモニタリング情報を公開して行くことで重要である。

地方政府がコーディネートすべき事項は、

① 企業が作成する環境汚染防止計画において、企業、地域住民、地方政府による地域づくりを位置づけ、企業、地域住民の活動を支援する。
② 三者のコミュニケーションを推進するため、三者が意見を交換できる機会を設定する。
③ 企業が主催する工場見学会等の環境イベント、地域住民が主催する各種イベントを、地方政府が発行する広報誌、地方政府のHP等で広報し、周知を図る。
④ 地方政府が主催する環境展、環境シンポジウム、環境体験ツアーなどのイベント等に、企業、地域住民の積極的な参加を促すため、共催や後援を要請し、共同作業とする。
⑤ 地域住民の自主的な環境保全、環境汚染防止活動を支援する。

これらの施策を進めるに当たり、環境汚染防止等に経験のある有識者を活用し、彼らの有するノウハウを生かし、実務に助言を受ける等、活用することも重要である。また、隣接する地方政府等と連携することも必要である。さらに、先進的取り組みを行っている地方政府や様々なノウハウを有している公的機関の支援、連携を持つことも重要である。

### 4-3-2　地域住民

地域住民は、その地域の環境問題により積極的な関心を持つ必要がある。そのため、工場見学会、環境展など地域で行う環境イベント、NPO･NGO等が行う環境活動に積極的に参加して、企業、地方政府に対して、地域住民ならではの視点からの意見を発信していくことが望まれる。これらの環境イベントは、地域住民にとって気軽に参加できるものであり、企業、地方政府に対して、企業の在り方や地域環境について、日頃の気づきや疑問、意見等を先方に伝える良いきっかけとなる。

地域住民は、環境学習を行って環境に関する知識を深めつつ、身の回りの環境に関してのモニタリングを行い、地域の企業や地方政府と情報共有することが望まれる。

これらの環境モニタリングとしては、五感による測定や生き物調査、汚染物質の簡易測定があげられる。モニタリング結果は、法に定められた環境基準等とは直接比較はできないが、継続的なモニタリングを行うことにより、地域環境の全体像や変化を自らが把握できることになる。また、異常を発見できることになる。

モニタリングの例示としては、以下のものが挙げられる。

①工場から排出される企業の排水の色、排ガスの色の変化
②地域の大気や河川水などの観察状況及び比色などの簡易測定
③悪臭、騒音、振動など、五感に訴える現象

地域住民からのこのような環境情報も、企業にとって有用な情報と捉えて環境対策を進めることが必要である。